MAX

4 B

NOVA

VMBO-GT

Nask 1

Natuurkunde



NAAM EN KLAS:

MALMBERG



4 VMBO-GT deel B

Nask 1

Auteur
Rein Tromp

Eindredactie
Sander Michon

Met medewerking van
Frits Kappers
Karin van Nunen
Lineke Pijnappels
Lian Poelsma
Coert Schatorjé

 Release 5.0, eerste oplage

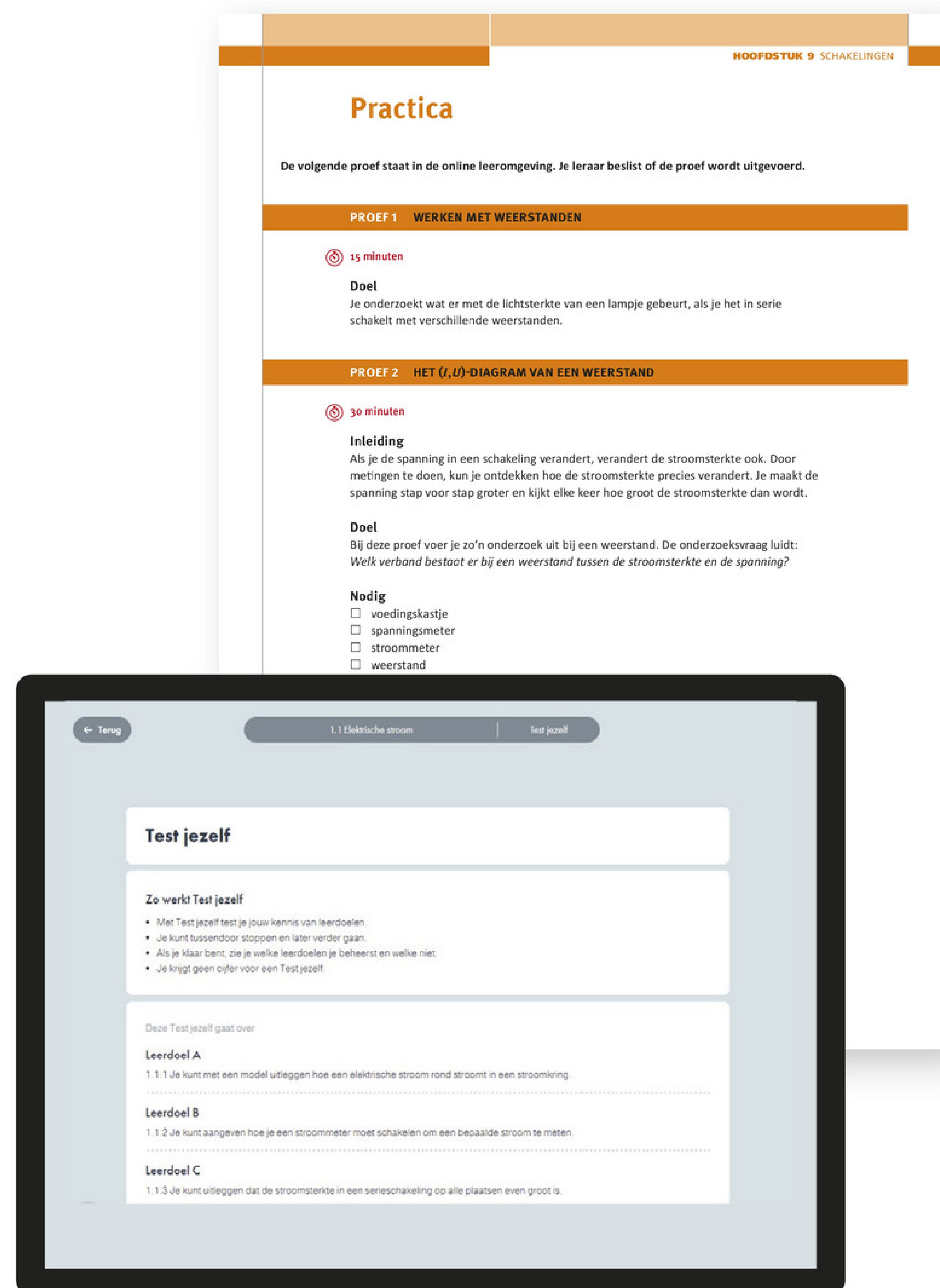
www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, 's-Hertogenbosch

Aan de slag met Nova

Waarom Nova?

Natuurkunde gaat over de wereld om je heen. Met *Nova* heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!





Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je leraar kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in een Introductie waarin je je voorkennis test, Theorieparagrafen, een Practicumparagraaf en een Afsluiting. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren en op welk taxonomieniveau je het geleerde oefent bij de opdrachten. Bij de practica ga je zelf aan de slag en leer je onderzoeken. In de Afsluiting vind je een overzicht van de leerstof in de onderdelen Onthoud en Begrippen.

Voordelen van online

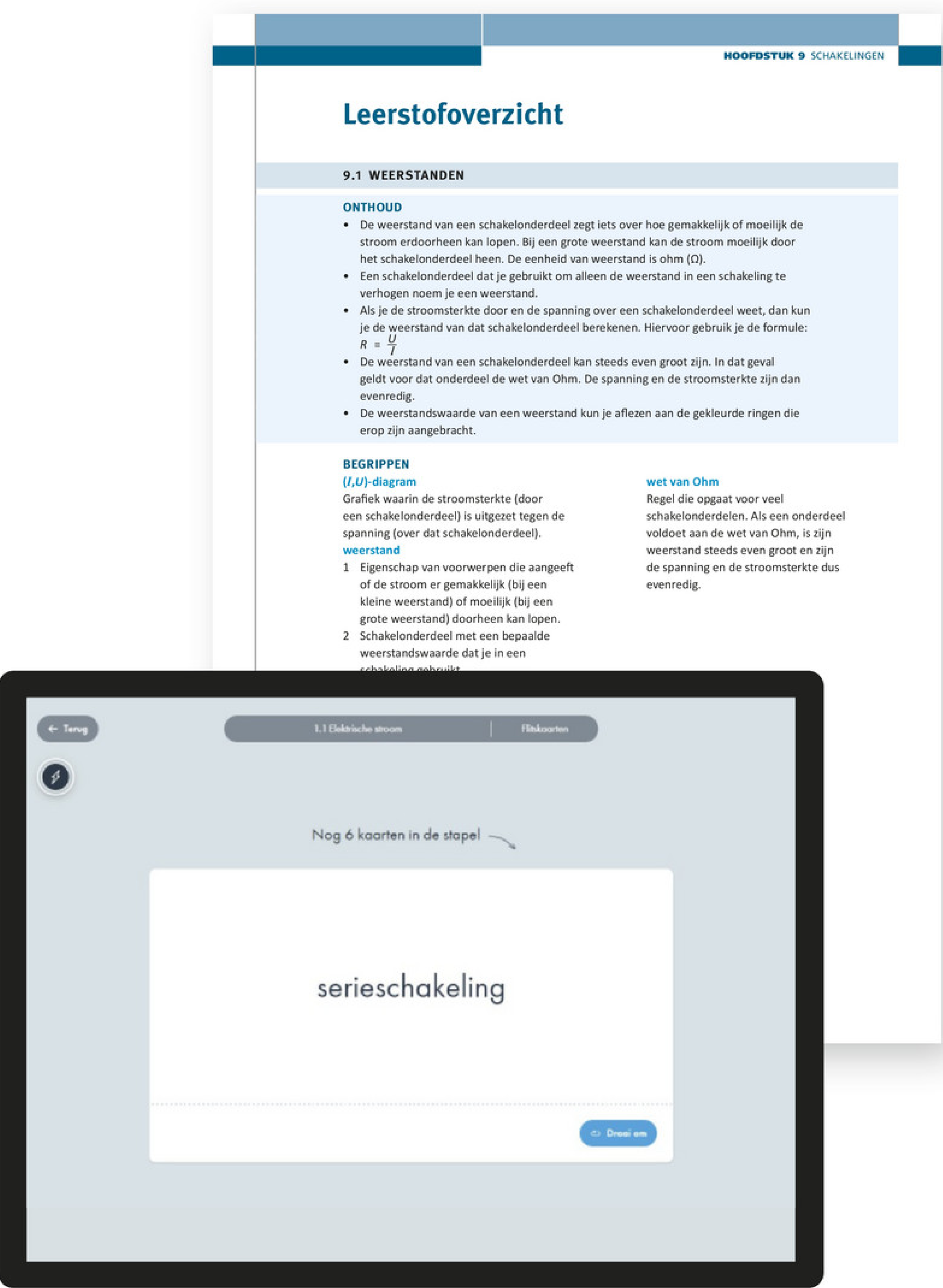
- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je test je voorkennis met de *Voorkennistoets*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf* en *Oefentoets*.
- Je leraar volgt hoe je het doet.

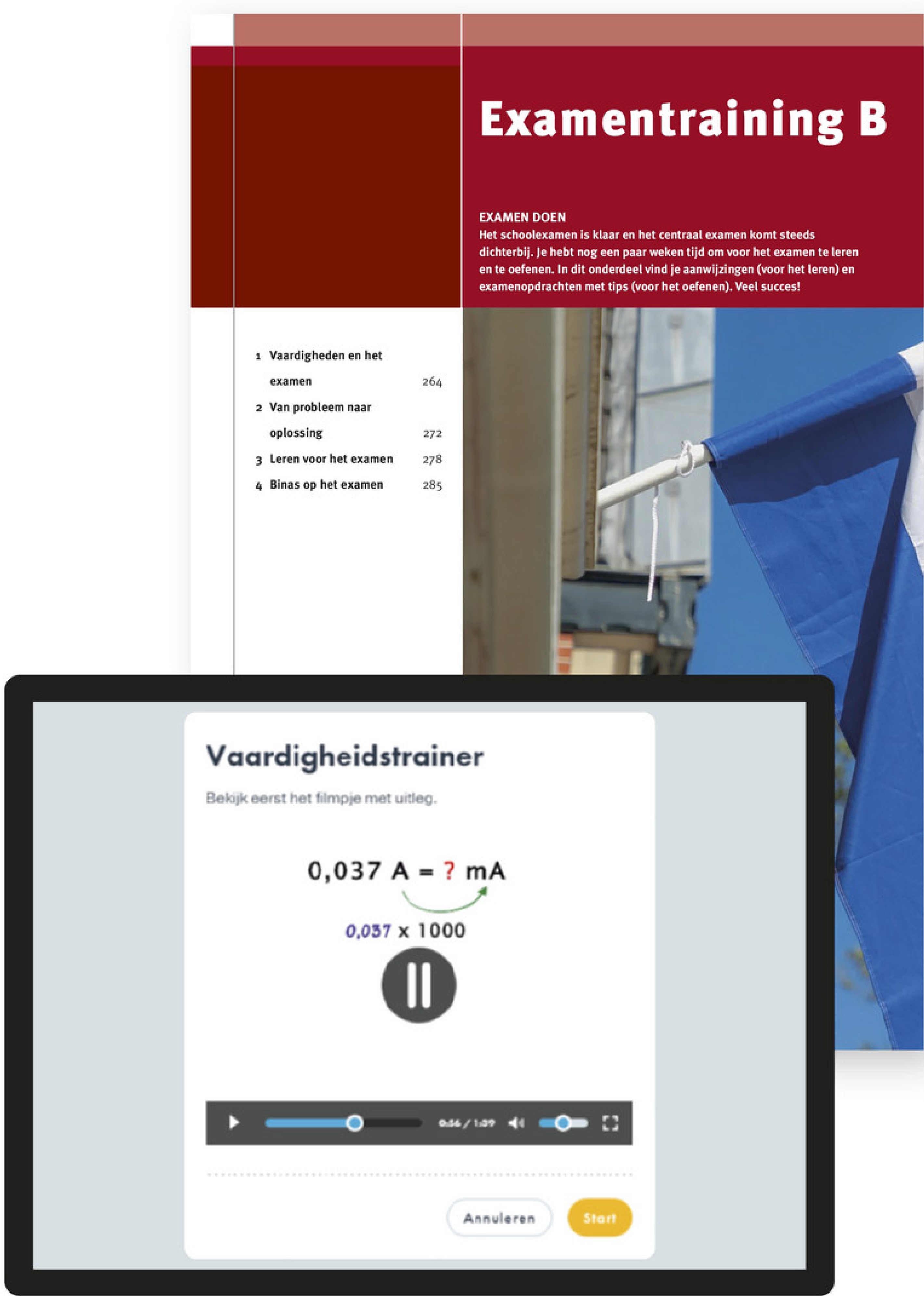
Goede voorbereiding op de toets!

In het boek vind je in de afsluiting van elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets. In de online paragraaf Afsluiting vind je *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan aan het einde van elke paragraaf de *Test jezelf* of *Oefentoets*.

Examentraining en Vaardigheden

Na het laatste hoofdstuk vind je in beide boeken van dit leerjaar een Examentraining. Daarin leer je hoe je je kunt voorbereiden op het examen. Ook ga je echte examenopdrachten maken. Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden. Daarin worden de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de *Vaardigheidstrainer*.





Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je schrijft je berekeningen op.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

Betekenis symbolen

 Ga naar de online leeromgeving voor handige extra's.

PROOF 1 Er is een proef bij deze lesstof.

 Met deze proef ben je zo lang bezig.

 Gebruik de vaardigheid bij deze opdracht.

 Deze opdracht biedt extra uitdaging.

 Deze opdracht maak je het best in het boek.

Inhoud Deel A

Inhoud Deel B

13 Geluid

WERKEN MET GELUID

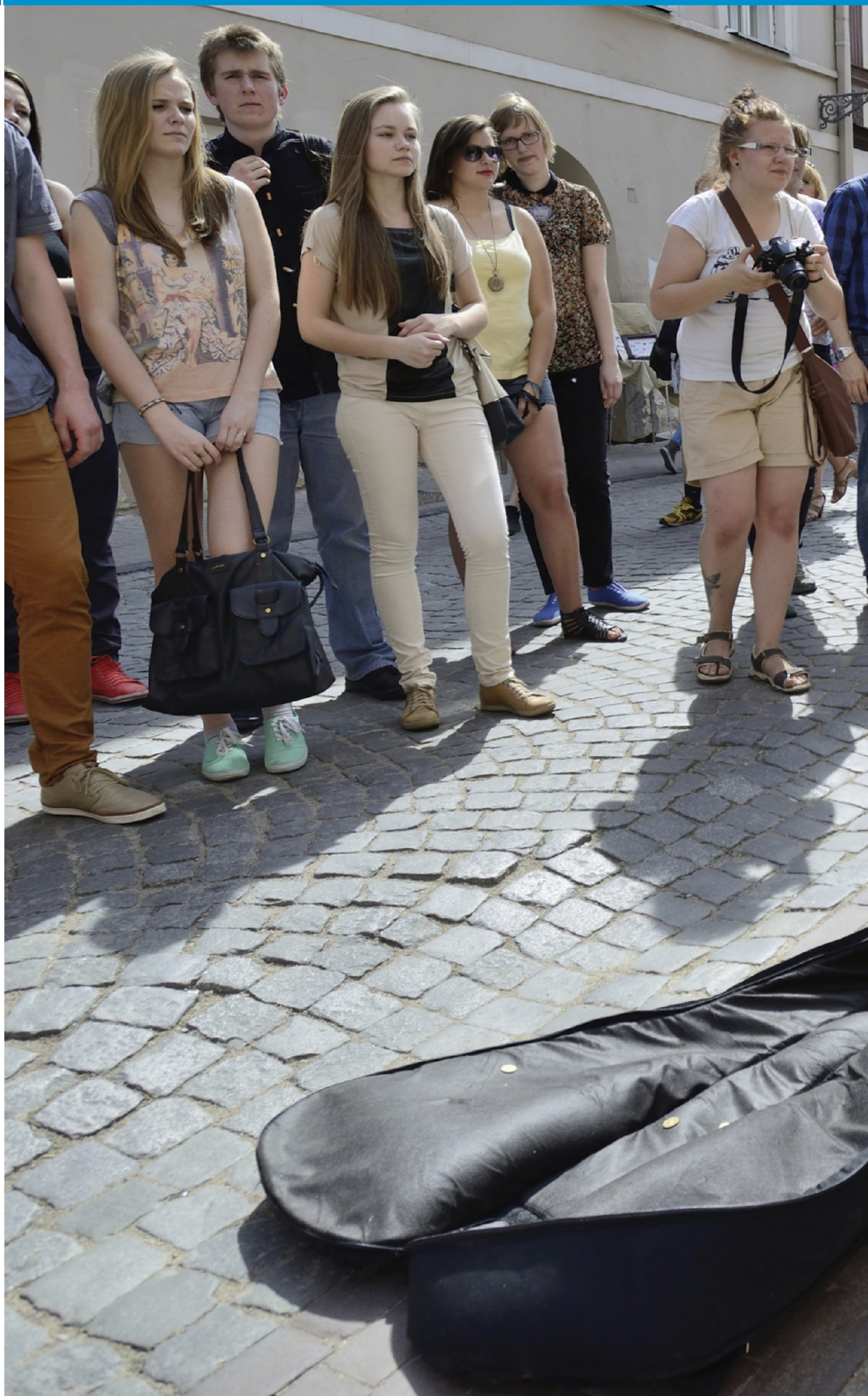
Er zijn allerlei beroepen waarin je werkt met geluid. Een muzikant maakt geluid, een geluidstechnicus regelt geluid en een politieagent controleert geluid. In zo'n beroep merk je al snel dat mensen heel verschillend denken over geluid. Wat de een mooie muziek vindt, noemt de ander geluidsoverlast. Het valt niet mee om iedereen tevreden te stellen.

INTRODUCTIE

THEORIE

PRACTICA

AFSLUITING





Wat weet je al over geluid?

LEERDOELEN

1 Je kunt de onderdelen beschrijven waaruit een elektromagneet is opgebouwd.
2 Je kunt een aantal voorbeelden van geluidsbronnen noemen.
3 Je kunt de geluidssnelheid in lucht noemen.
4 Je kunt uitleggen hoe het geluid van een luidspreker zich verspreidt tot je oren het geluid opvangen.
5 Je kunt het apparaat benoemen waarmee je geluidssterkte meet.
6 Je kunt de temperatuur omrekenen van graden Celsius naar kelvin en omgekeerd.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over geluid geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 De spiraalvormig gewikkelde koperdraad van een elektromagneet noem je een ....

2 Noteer drie geluidsbronnen.

....

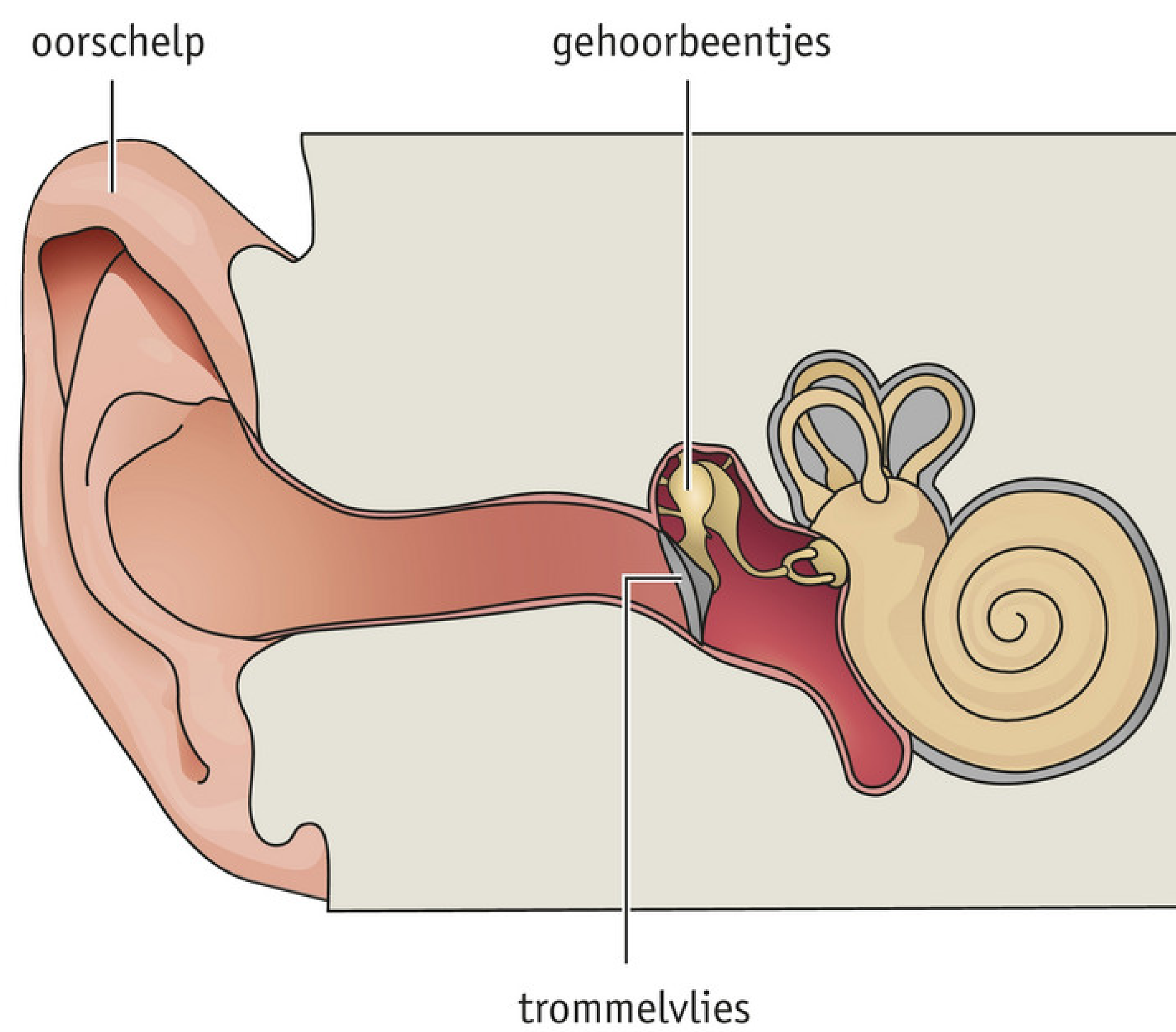
....

3 Hoe groot is de snelheid van geluid in de lucht ongeveer?

○ A 340 km/h
○ B 340 km/s
○ C 340 m/h
○ D 340 m/s

4 In afbeelding 1 zie je het binnenste van Anna's oor.
Wat gebeurt er met het trommelvlies als Anna geluid hoort?

○ A Het trommelvlies beweegt heen en weer van boven naar beneden.
○ B Het trommelvlies beweegt heen en weer van links naar rechts.
○ C Het trommelvlies gaat open en dicht.



afbeelding 1 Het inwendige van Anna's oor.

5 Wat is de eenheid van geluidssterkte?
- ○ A becquerel (Bq)
- ○ B decibel (dB)
- ○ C hertz (Hz)

6 Temperatuur kun je meten in graden Celsius en in kelvin.
Vul in.

0 °C = ... K

20 °C = ... K

288 K = ... °C

373 K = ... °C


Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Geluidsbronnen

LEERDOELEN

13.1.1 Je kunt uitleggen hoe het geluid van een geluidsbron bij je oren komt.
13.1.2 Je kunt uitleggen hoe de conus van een luidspreker in trilling wordt gebracht.
13.1.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met de geluidssnelheid, de tijd en de afstand.
13.1.4 Je kunt uitleggen waarom je een echo iets later hoort dan het directe geluid.
13.1.5 Je kunt toelichten hoe je met een echolood de diepte van de zee kunt bepalen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	13.1.1	13.1.2	13.1.3	13.1.4	13.1.5	6.2.6*
Onthouden	1abc	2abc	1d	1e		
Begrijpen	6c		4abc, 5b, 8a	10a		4d
Toepassen	9b		5a, 6abde	7	8bcde, 10b	
Analyseren	9a	3				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

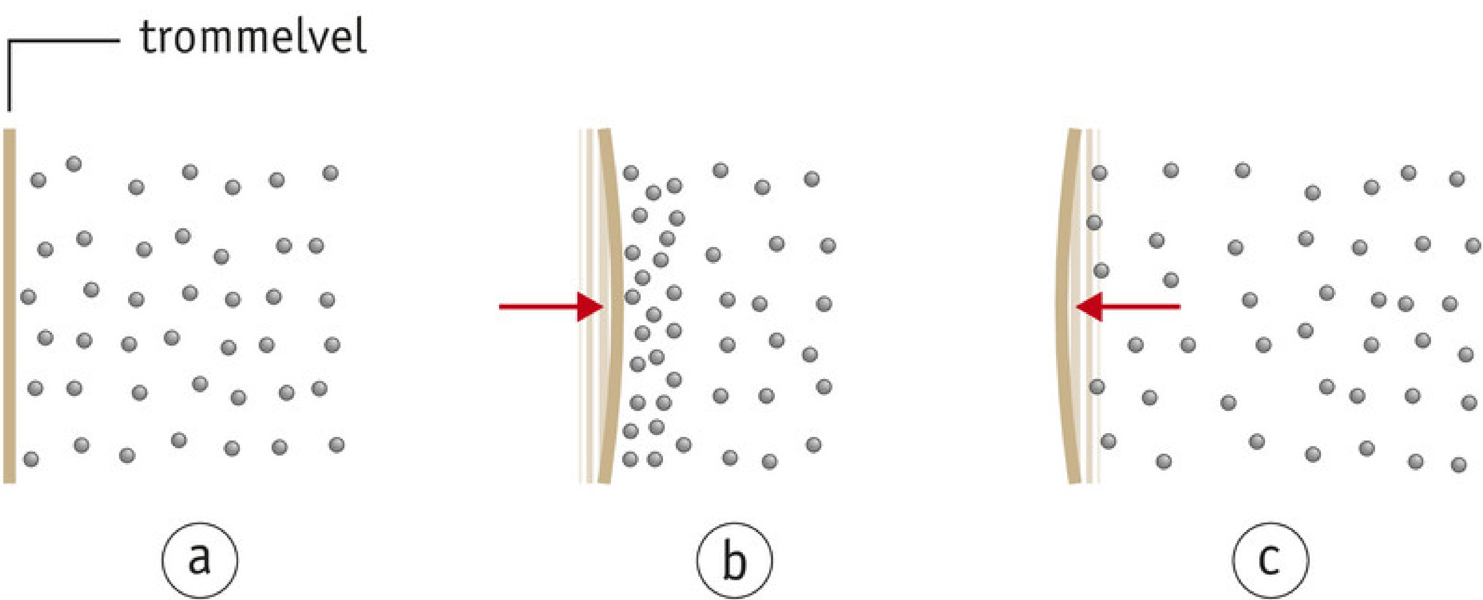
In heuvelachtig of bergachtig gebied kun je afstanden schatten door te luisteren naar de echo. Hoe zou je dat kunnen aanpakken?

VAN DE GELUIDSBRON NAAR JE OREN

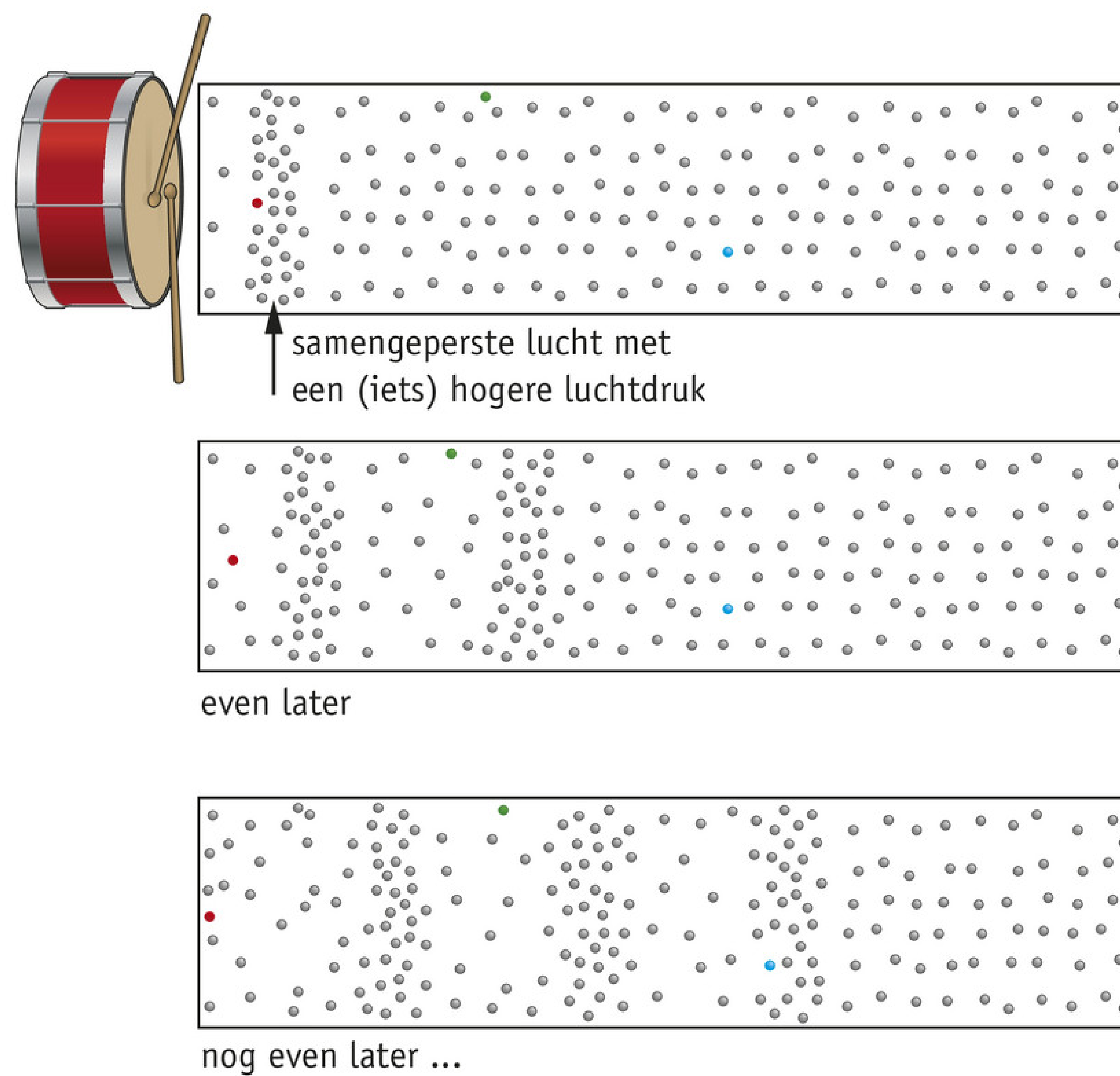
Geluid wordt gemaakt door **geluidsbronnen**. De stembanden in je keel, de snaren van een gitaar, de sirene van een ambulance, de motoren van een vliegtuig: het zijn allemaal geluidsbronnen. Doordat een geluidsbron trilt, wordt de omringende lucht – of een andere stof – in beweging gebracht. Als deze trilling je oren bereikt, hoor je het geluid.

In afbeelding 1a zie je het trommelvel van een basdrum. Als een drummer een tik op de drum geeft, begint het trommelvel te trillen. Als het trommelvel naar buiten beweegt, wordt de lucht voor het vel iets samengeperst. Daardoor stijgt de luchtdruk (afbeelding 1b). Als het trommelvel naar binnen beweegt, zet de lucht weer iets uit. Daardoor daalt de luchtdruk (afbeelding 1c).

afbeelding 1 Een trommelvel dat (a) stilstaat; (b) naar buiten beweegt; (c) naar binnen beweegt.

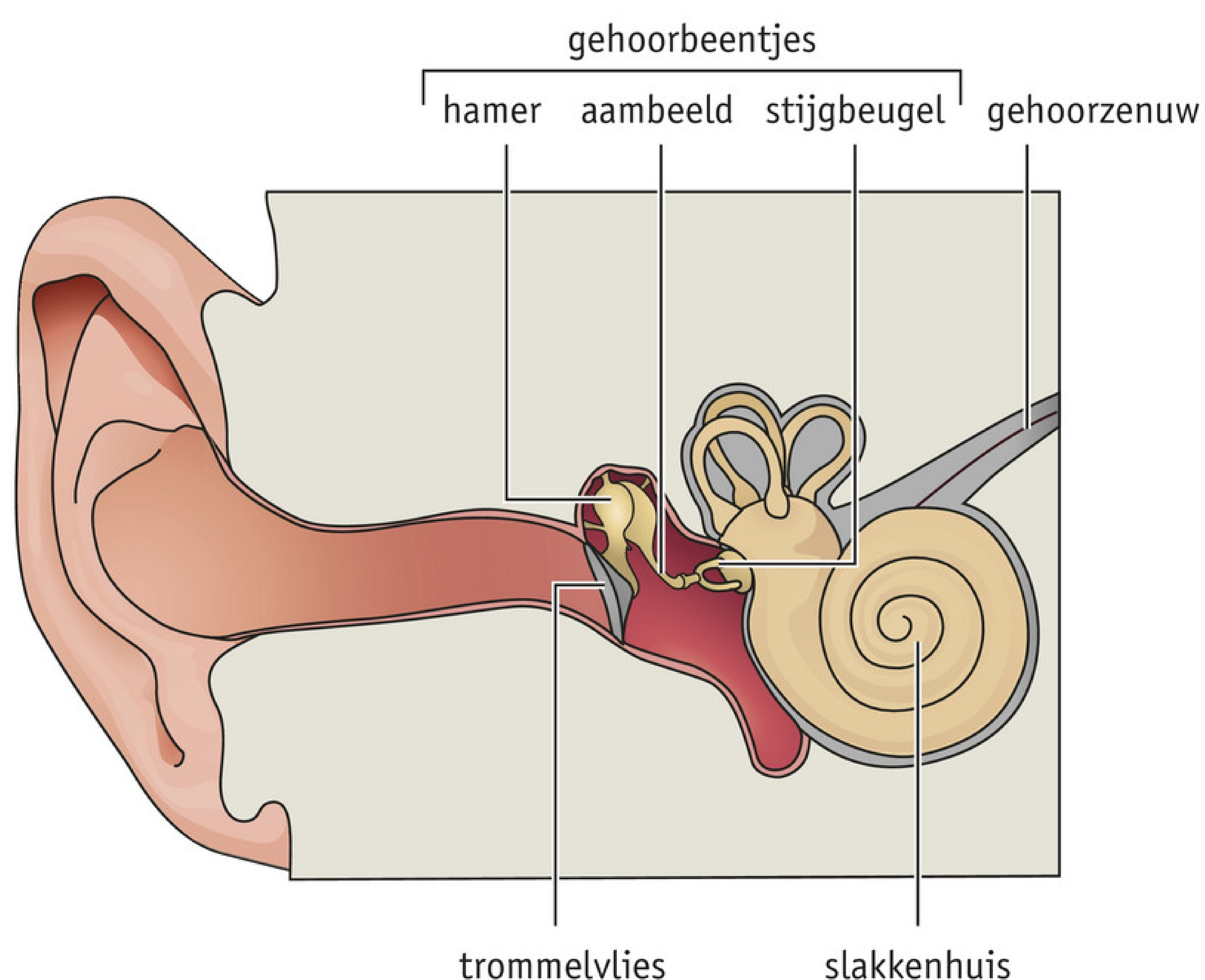


De **drukveranderingen** bewegen daarna in alle richtingen bij het trommelvel vandaan (afbeelding 2). Dat komt doordat de moleculen in de lucht steeds tegen elkaar botsen. Zo geven ze hun beweging aan elkaar door. De moleculen zelf komen nauwelijks van hun plaats. Maar de veranderingen in de luchtdruk bewegen met grote snelheid door de lucht heen.



afbeelding 2 Zo verspreidt het geluid zich.

Als het geluid je oren bereikt, beginnen je trommelvliezen ook te trillen (afbeelding 3). Als de luchtdruk stijgt, beweegt het trommelvlies naar binnen; als de luchtdruk daalt, beweegt het weer naar buiten. De gehoorbeentjes brengen deze beweging over op het slakkenhuis. In het slakkenhuis wordt de trilling ‘vertaald’ in een elektrisch signaal. Dit signaal wordt door de gehoorzenuwen naar je hersenen geleid. Daar word je je van het geluid bewust.



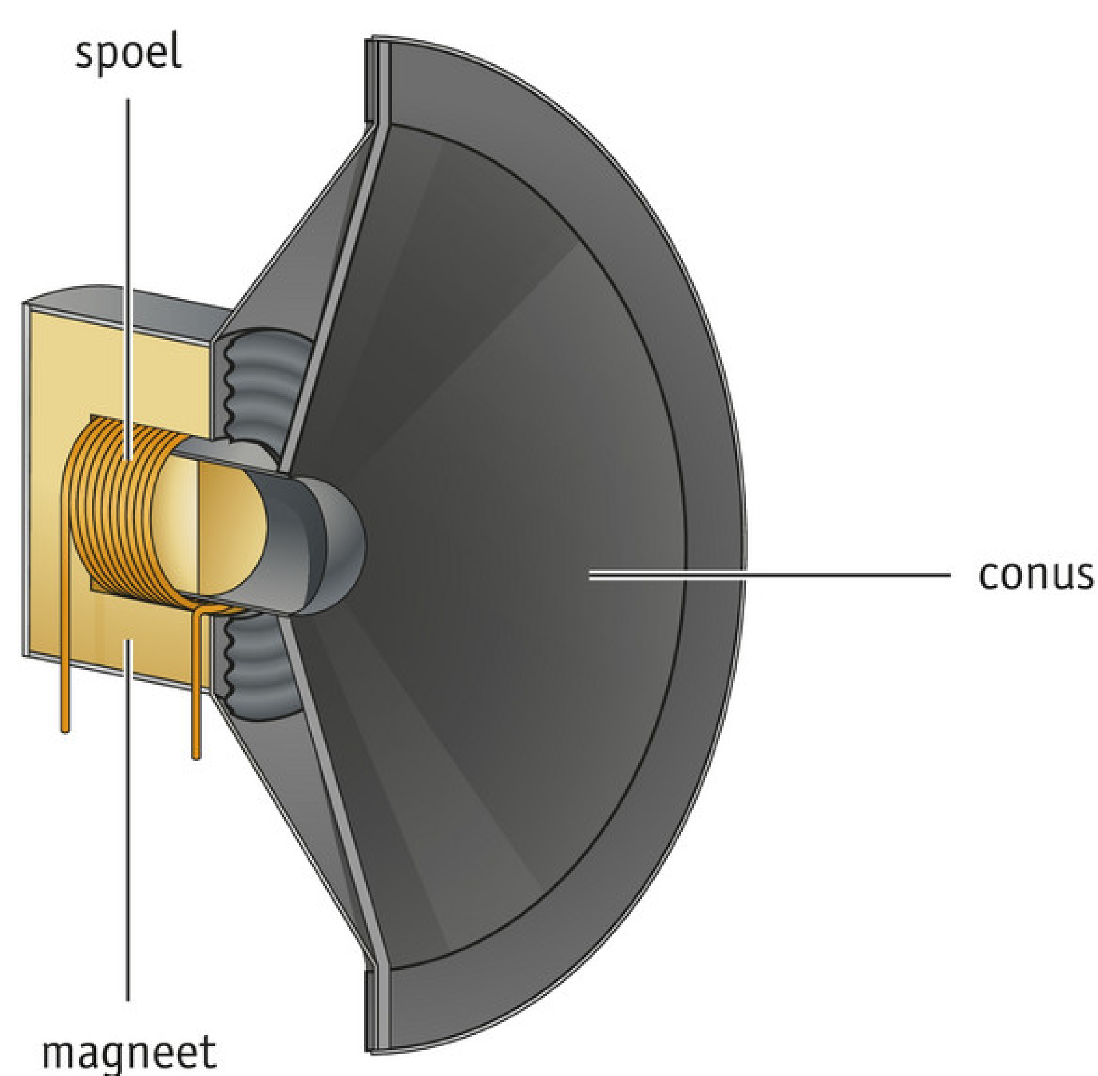
afbeelding 3 Een doorsnede van een oor.

DE LUIDSPREKER

Een luidspreker gebruikt ook een dun rond vel om de lucht in trilling te brengen. Dat vel wordt **conus** genoemd. Andere belangrijke onderdelen van een luidspreker zijn een sterke permanente magneet en een spoel (afbeelding 4). De conus zit vast aan de spoel, die vrij heen en weer kan bewegen. Als de spoel in beweging wordt gebracht, beweegt de conus mee.

De spoel (en dus ook de conus) wordt in trilling gebracht door een elektrisch signaal. Dat gaat als volgt:

1 Er wordt een wisselspanning over de uiteinden van de spoel gezet. Dit elektrische signaal verandert steeds, net als de drukveranderingen van het geluid.
2 Door de spoel gaat nu een steeds veranderende wisselstroom lopen. De spoel wordt daardoor een elektromagneet waarvan de polen steeds omwisselen.
3 De spoel wordt afwisselend aangetrokken en afgestoten door de permanente magneet. De conus beweegt steeds met de spoel mee. Zo wordt ook de lucht rond de luidspreker in trilling gebracht.



afbeelding 4 De onderdelen van een luidspreker.

GELUIDSSNELHEID

De geluiden die je hoort, komen meestal via de lucht bij je oren terecht. Maar geluid kan zich ook door andere stoffen dan lucht verplaatsen. Geluid beweegt zich bijvoorbeeld zonder problemen door muren en vloeren, zoals iedereen weet die in een flat woont. Alle gassen, vloeistoffen en vaste stoffen kunnen geluid overbrengen. Anders gezegd: ze kunnen allemaal dienen als **tussenstof**.

In het vacuüm van de ruimte is er geen tussenstof die trillingen kan doorgeven. Daarom kan een astronaut die een ruimtewandeling maakt, geen geluiden van buitenaf horen. Op een hemellichaam zonder atmosfeer, zoals de maan, is het precies net zo stil. Andere hemellichamen hebben wel een eigen atmosfeer, zoals de planeet Mars. Daar kun je wel geluiden horen.

De snelheid waarmee geluid door een tussenstof beweegt, noem je de **geluidssnelheid**. Je kunt het hebben over de geluidssnelheid in lucht, in water, in staal, enzovoort. De grootte van de geluidssnelheid verschilt sterk van stof tot stof. Dit kun je zien in *BINAS* tabel 27 *Voortplantingssnelheid van geluid in enkele stoffen*. Het maakt ook verschil hoe hoog de temperatuur is. Geluid beweegt sneller in lucht van 20 °C dan in lucht van 0 °C.

De afstand die geluid aflegt, is gelijk aan de geluidssnelheid × de tijd.
Of in symbolen:

$$s = v_{\text{geluid}} \cdot t$$

In deze formule is:

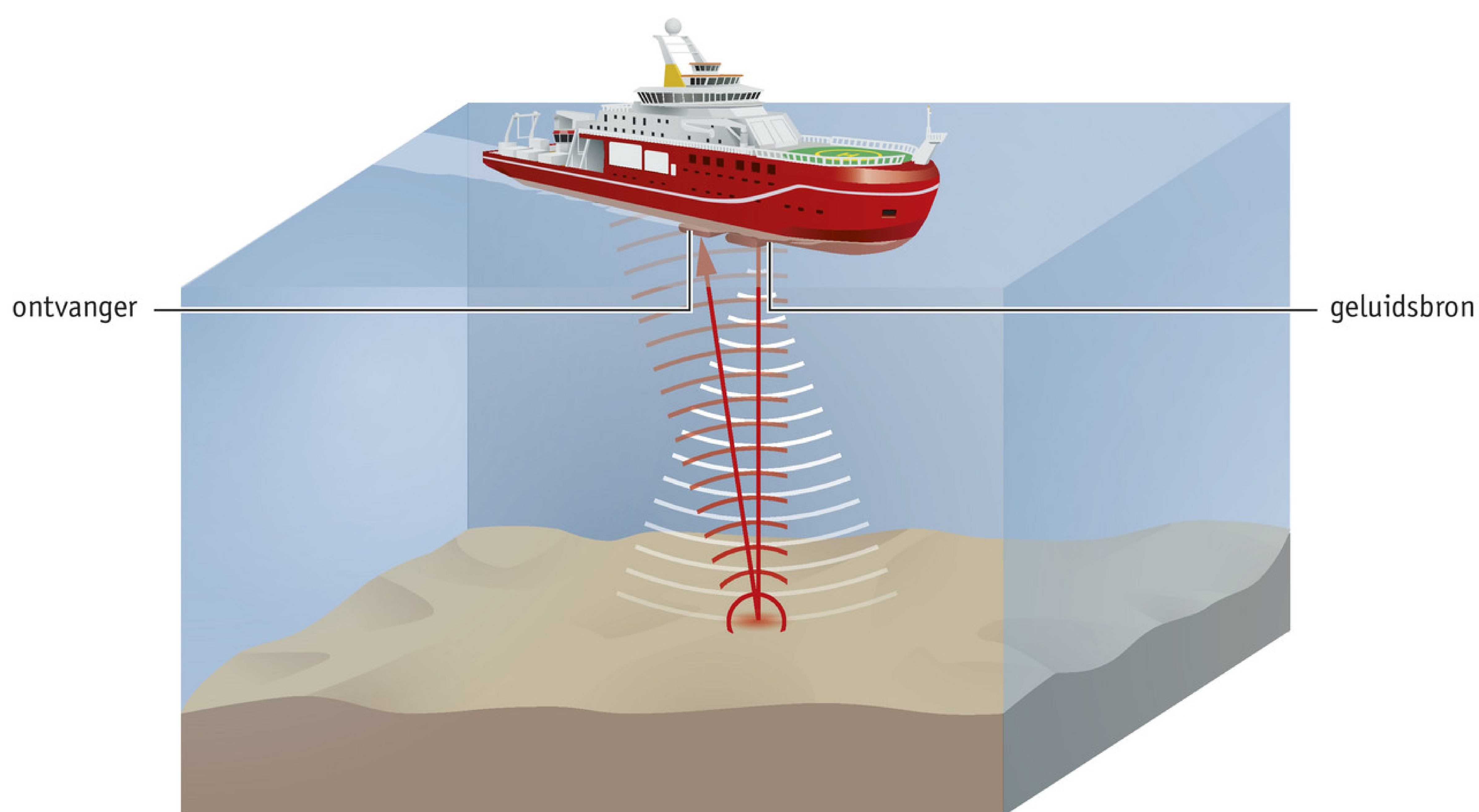
- s de afstand die het geluid aflegt in meter (m);
- v_{geluid} de geluidssnelheid in meter per seconde (m/s);
- t de tijd die het geluid nodig heeft in seconden (s).

v_{geluid} staat voor de geluidssnelheid in de stof waardoor het geluid zich verplaatst. Bij nauwkeurige berekeningen moet je ook rekening houden met de temperatuur.

TERUGKAATSING VAN GELUID

Geluid kan net als licht worden teruggekaatst. Daardoor hoor je een geluid soms twee keer: één keer direct en één keer nadat het is teruggekaatst. Het teruggekaatste geluid noem je de **echo**. Omdat de echo een langere weg moet afleggen dan het directe geluid, hoor je de echo later dan het directe geluid.

Op veel schepen wordt een **echolood** gebruikt om de diepte van de zee te meten (afbeelding 5). Het echolood zendt onder water geluidspulsen (kortdurende geluidssignalen) uit. De pulsen kaatsen terug tegen de zeebodem en worden daarna weer door het echolood opgevangen. Tussen het uitzenden en opvangen van de geluidspuls verloopt een korte tijd. Het echolood meet die tijd en berekent daaruit automatisch hoe diep de zee is.



afbeelding 5 Met een echolood kun je de diepte van de zee bepalen.

VOORBEELDOPDRACHT 1

De diepte van de zee wordt gemeten met een echolood. Tussen het uitzenden en weer opvangen van de puls zit 0,32 s.
Bereken hoe diep de zee is.

gegevens v_{geluid} = 1510 m/s (*BINAS* tabel 27)

$t = \frac{0{,}32\ \text{s}}{2} = 0{,}16\ \text{s}$

gevraagd s = ? m

uitwerking $s = v_{geluid} \cdot t = 1510 \times 0{,}16 = 242$ m

Je deelt de tijd door twee omdat het geluid maar de helft van de tijd nodig heeft om naar de zeebodem te bewegen. In de andere helft beweegt het weer terug naar het echolood.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Geluidsbronnen maken geluid doordat ze ....; op die manier brengen ze de omringende lucht in ....

b Als een trommelvel naar buiten beweegt, wordt de lucht voor het vel iets ...., zodat de luchtdruk ....

c Als een trommelvel naar binnen beweegt, ... de lucht voor het vel iets ...., zodat de luchtdruk weer ....

d De snelheid waarmee het geluid door een .... heen beweegt, noem je de ....

e Je hoort een echo altijd .... dan het directe geluid. Dat komt doordat het teruggekaatste geluid een .... weg moet afleggen.

2 Noteer het juiste onderdeel van een luidspreker.

a De .... wordt een elektromagneet met steeds omwisselende polen, als je hem aansluit op een wisselspanning.

b De .... levert een constant (onveranderlijk) magnetisch veld, of je de luidspreker nu aan hebt staan of niet.

c De .... is ontworpen om de lucht rond de luidspreker in trilling te brengen, zodat je het geluid goed kunt horen.

TOEPASSING

3 De conus van een luidspreker wordt in trilling gebracht doordat een elektromagneet en een gewone magneet elkaar afwisselend aantrekken en afstoten. In de praktijk wordt de spoel van de elektromagneet altijd aan de conus vastgemaakt, terwijl de (permanente) magneet aan de luidsprekerkast wordt bevestigd.
Waarom wordt de permanente magneet niet aan de conus vastgemaakt?

....

....

....

....

4  Zie de vaardigheid *Werken met Binas*.
Zoek in Binas op hoe snel geluid zich verplaatst door lucht, door water en door beton.

a In welke van deze drie stoffen is de geluidssnelheid het grootst? Noteer ook de geluidssnelheid.

....

b In welke van deze drie stoffen is de geluidssnelheid het kleinst?

....

c Voor welke temperatuur gelden de geluidssnelheden die in Binas staan?

....

d Reken de temperatuur die je bij opdracht c hebt genoteerd, om naar graden Celsius.

....

....

5   Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.
De geluidssnelheid in lucht hangt af van de temperatuur. In tabel 1 zie je een aantal meetgegevens.

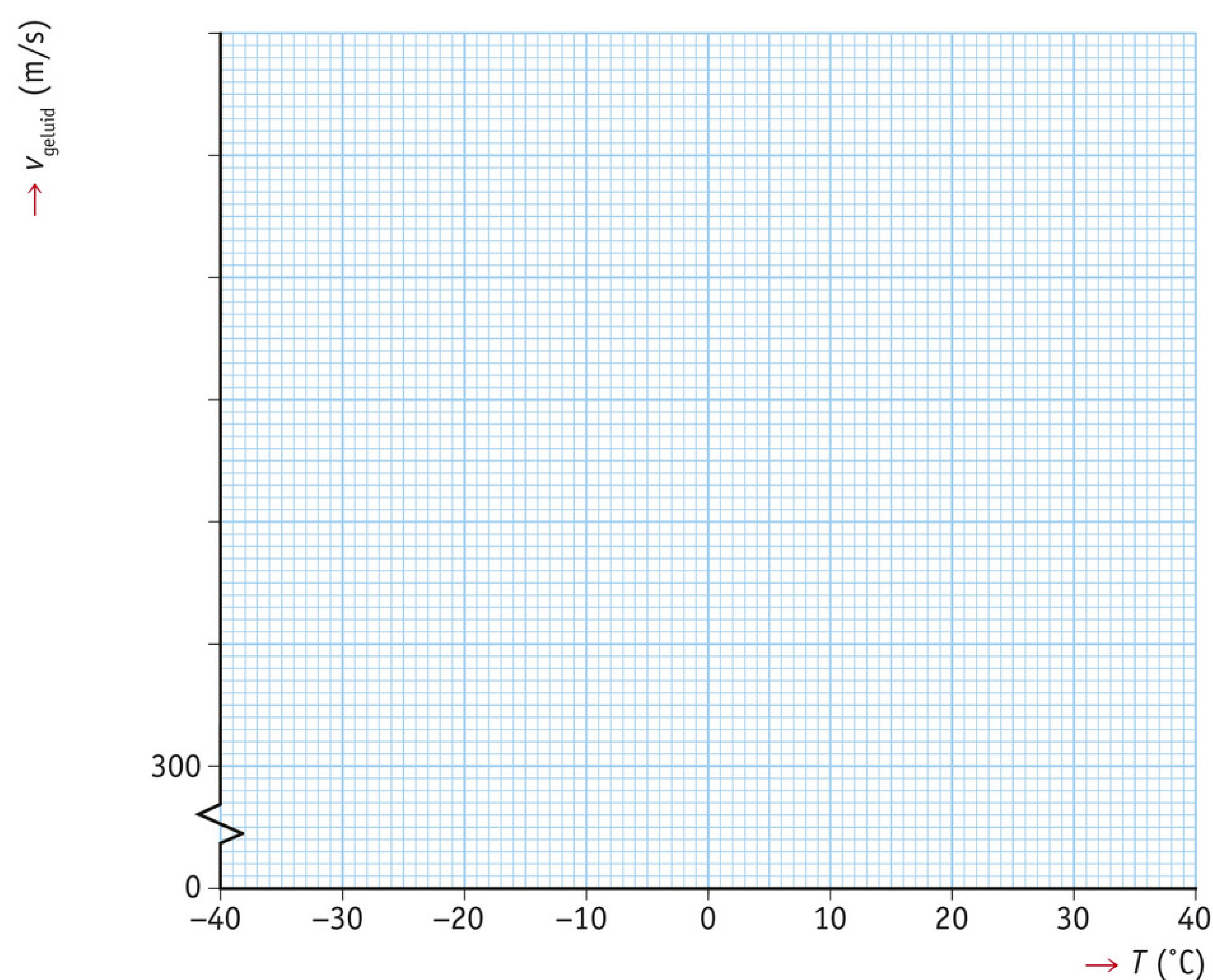
a Teken in het diagram van afbeelding 6 een grafiek waarin je de geluidssnelheid uitzet tegen de temperatuur. Gebruik de tekenruimte van het diagram zo goed mogelijk.

b Bepaal met behulp van de grafiek hoe groot de geluidssnelheid is:

- bij −10 °C: ....
- bij 14 °C: ....
- bij 26 °C: ....

tabel 1 De geluidssnelheid in lucht.

temperatuur (°C)	geluidssnelheid (m/s)
−40	306
−20	319
0	331
20	343
40	355



afbeelding 6 Het verband tussen de geluidssnelheid en de temperatuur van de lucht.

Ga er in de volgende opdrachten steeds van uit dat de temperatuur 20 °C is.

6  In afbeelding 7 zie je acht sprinters klaarstaan voor de start.

a Bereken na hoeveel tijd sprinter A het startschot hoort.

....

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken na hoeveel tijd sprinter B het startschot hoort.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c Bereken het tijdsverschil.

....

d Zou dit tijdsverschil van invloed kunnen zijn op de eindtijd van de sprinters (die in honderdsten van seconden wordt gemeten)?

....

....

....

e Geef in afbeelding 7 met een kruis aan waar de starter het best kan staan. Licht je keuze toe.

....

....

....

....



afbeelding 7 Wat is de beste plaats voor de starter?

7 Een cowboy in Montana (VS) rijdt langs de steile rotswand van een diep ravijn. Als hij zijn pistool afschiet, hoort hij na 1,8 s de echo.
Bereken hoe groot de afstand tussen de cowboy en de rotswand is.

....

....

....

....

....

....

★ 8  Een onderzoeksschip meet de diepte van de Noordzee met een echolood. Het schip heeft een snelheid van 5 m/s. Om de 10 s zendt het echolood een geluidspuls uit.

a Hoe groot is de geluidssnelheid in zeewater?

....

....

b In tabel 2 kun je zien hoeveel tijd er elke keer verloopt tussen het uitzenden van een puls en het ontvangen van de echo.
Bereken de diepte van de zeebodem bij de eerste puls (na 0 m varen).

gegevens $t = \frac{\ldots\ldots}{2} = \ldots\ldots$ s

$v_{geluid} = \ldots\ldots$ m/s

gevraagd s = ? m

uitwerking $s = \ldots\ldots \cdot \ldots\ldots = \ldots\ldots \times \ldots\ldots = \ldots\ldots$ m

c Bereken de diepte van de zeebodem bij de tweede puls (na 50 m varen).

....

....

....

....

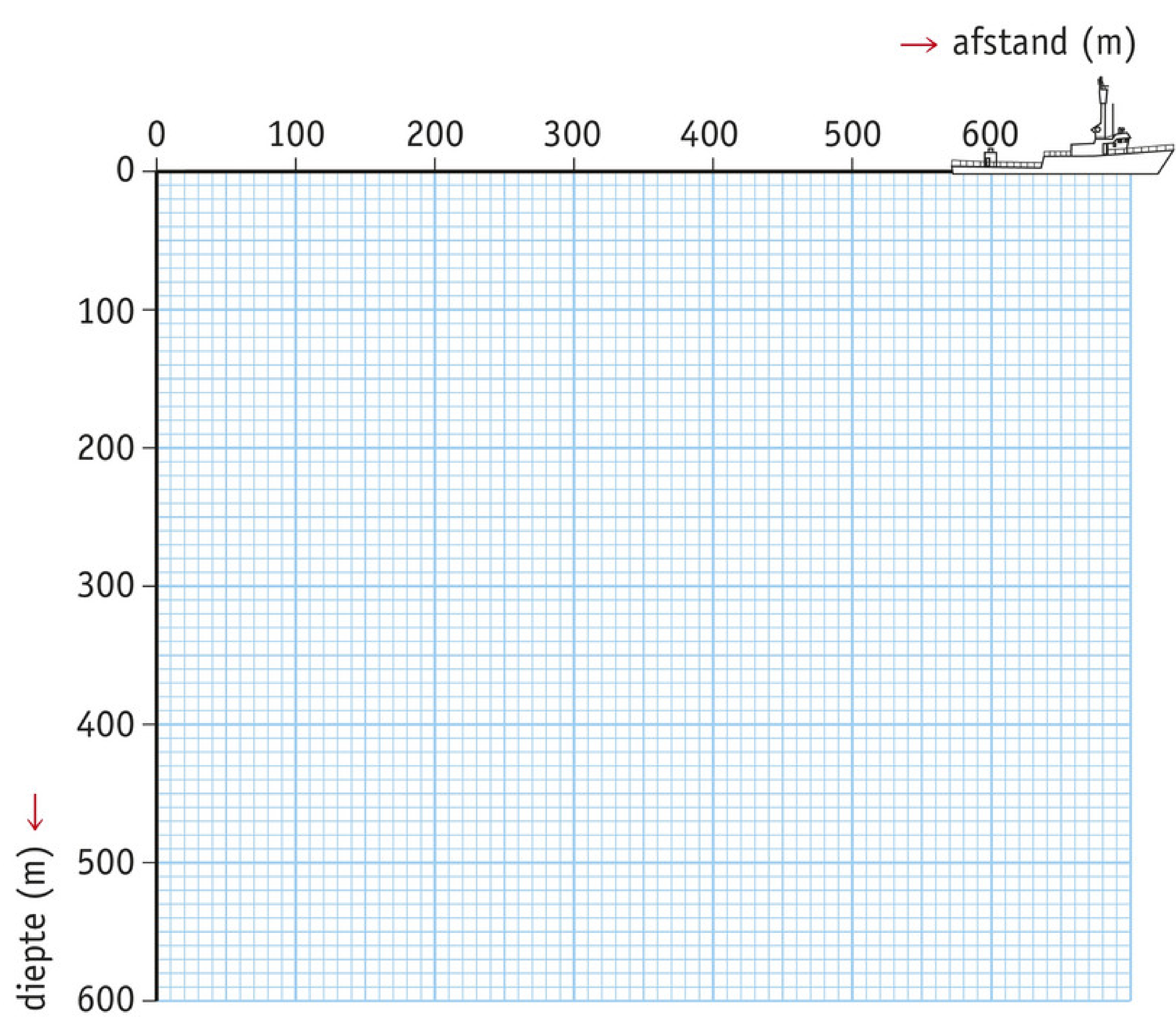
....

d Bereken op dezelfde manier bij elke puls de bijbehorende diepte. Noteer alle uitkomsten in de derde kolom van tabel 2.

e Teken in afbeelding 8 het verloop van de zeebodem.

tabel 2 Diepte meten met een echolood.

gevaren afstand (m)	tijd tussen puls en echo (s)	diepte zeebodem (m)
0	0,28	
50	0,33	
100	0,40	
150	0,50	
200	0,63	
250	0,64	
300	0,55	
350	0,45	
400	0,35	
450	0,26	
500	0,20	
550	0,18	
600	0,21	
650	0,21	



afbeelding 8 Zo ziet de zeebodem eruit.

9 Af en toe slaat er een meteoriet (een stuk ruimtegesteente) in op de maan. Op het maanoppervlak zijn tijdens bemande maanlandingen verschillende seismografen opgesteld. Die seismografen kunnen geluidstrillingen waarnemen die van meteorietinslagen afkomstig zijn.

a Langs welke weg kunnen die geluidstrillingen de seismografen bereiken? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....

b Kunnen die geluidstrillingen ook worden waargenomen door een satelliet die rond de maan draait? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....

10 Met behulp van een echo kun je breuken in beton vinden. Een geluidsbron zendt een signaal uit. De breuk weerkaatst het geluid in de richting van de ontvanger (afbeelding 9).

a Waaruit bestaat het signaal dat de geluidsbron uitzendt?

- ○ A uit een wisselstroom die door het beton loopt
- ○ B uit kleine scheurtjes die in het beton ontstaan
- ○ C uit trillingen die zich in het beton voortplanten

b In het beton zit een breuk. Een computer meet hoelang het signaal onderweg is. In afbeelding 10 zie je een vereenvoudigde weergave van de signalen op het scherm van de computer.
Bereken de afstand tot de breuk.

....

....

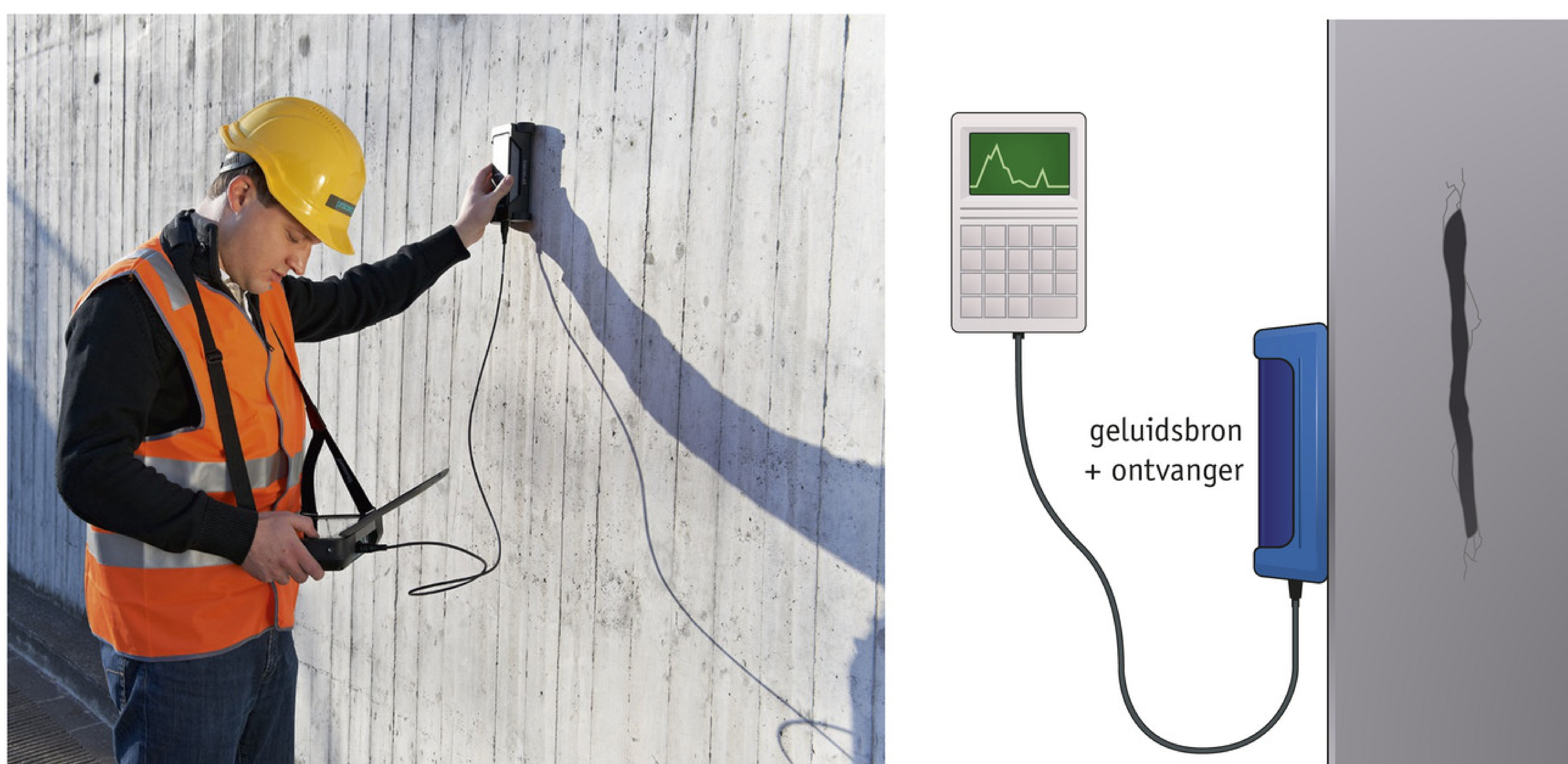
....

....

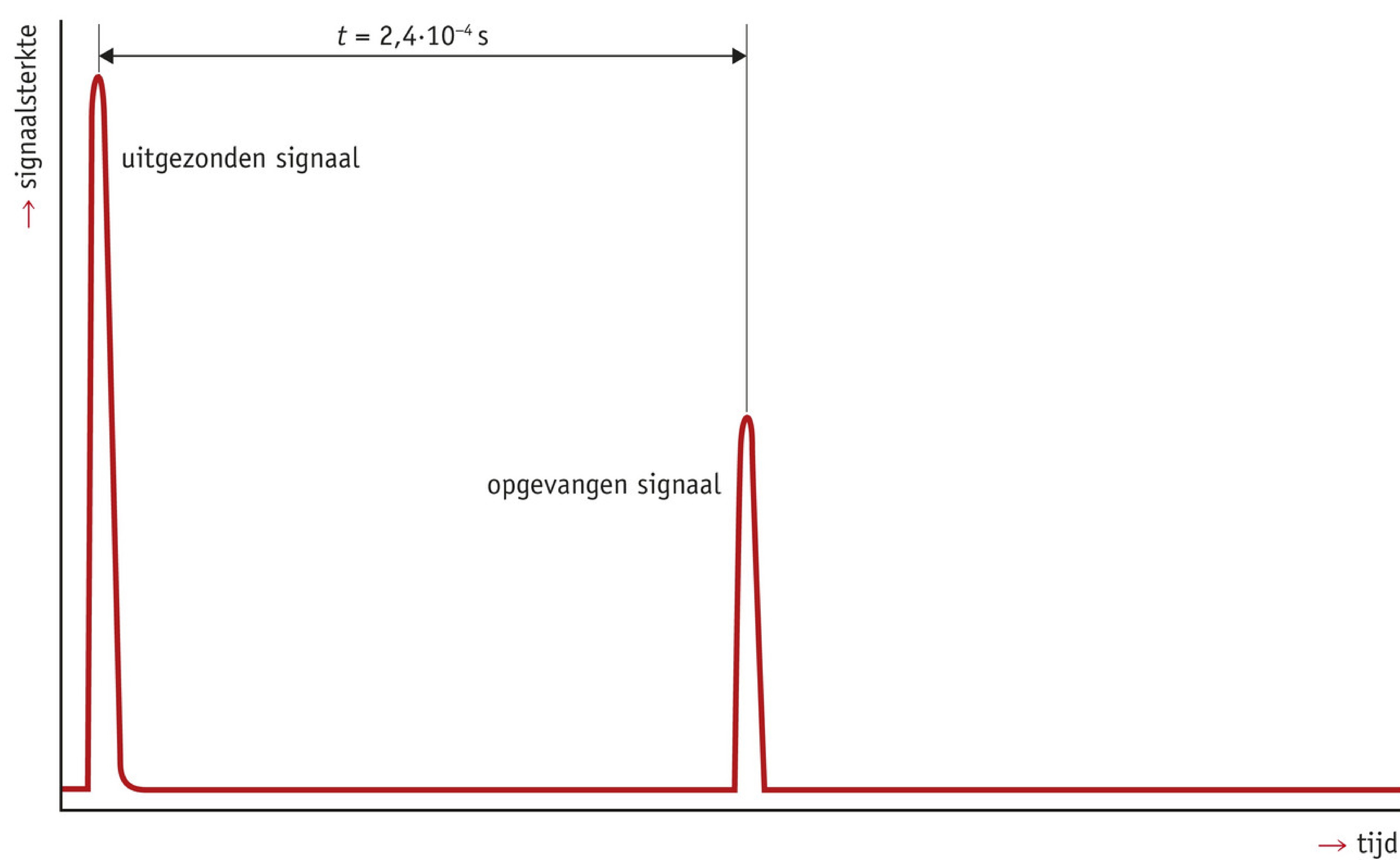
....

....

naar: examen 2019-I



afbeelding 9 Zo kun je een breuk in een betonnen muur opsporen.



afbeelding 10 Het resultaat van de meting.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Toonhoogte

LEERDOELEN

13.2.1 Je kunt de trillingstijd van een toon bepalen aan de hand van een oscilloscoopbeeld.
13.2.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met de trillingstijd en de frequentie van een geluidstrilling.
13.2.3 Je kunt een verband leggen tussen de frequentie van een geluid en de toonhoogte.
13.2.4 Je kunt de bovengrens en ondergrens van het frequentiebereik van de mens benoemen.
13.2.5 Je kunt uitleggen door welke drie factoren de toonhoogte van een snaar wordt bepaald.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	13.2.1	13.2.2	13.2.3	13.2.4	13.2.5
Onthouden			1ab	1de	2abc
Begrijpen	3b, 4c, 7ac, 8bcd		1c		
Toepassen	3a, 4a, 7b	3c, 4b, 6abc, 8a	9b	5a	10ab
Analyseren	7d	9a		5bc	10c

Als je je vingers op het bovenblad van een gitaar legt, kun je het hout soms voelen trillen. Wanneer voel je dat het best, bij hoge tonen of bij lage tonen?

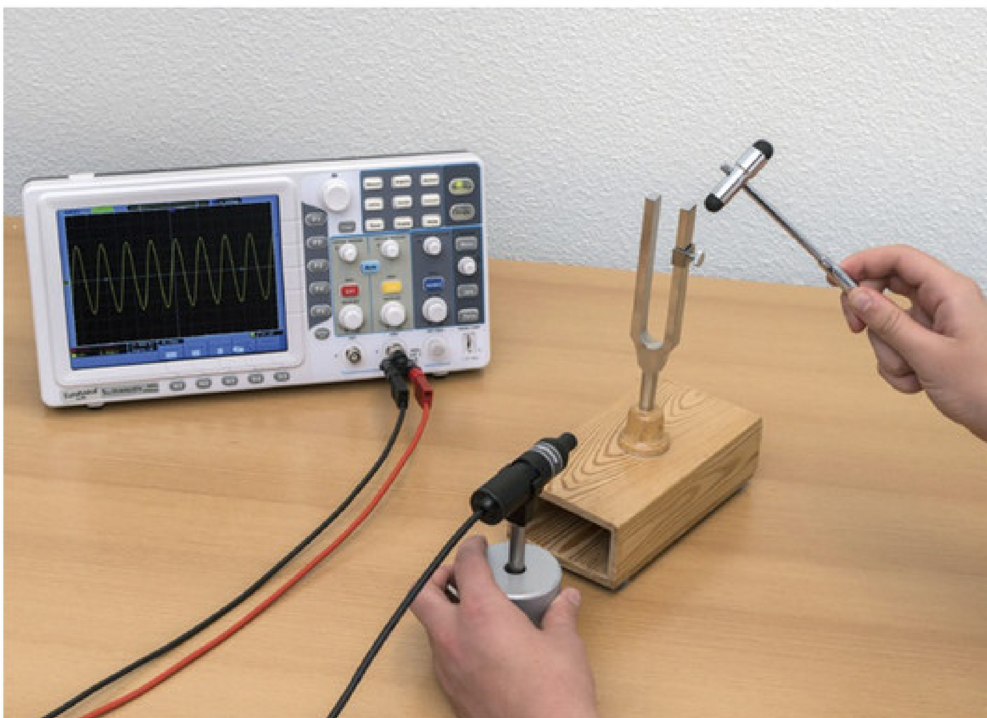
TRILLINGSTIJD

Met de opstelling van afbeelding 1a kun je het geluid van een stemvork onderzoeken. Een microfoon zet het geluid om in een elektrisch signaal: een voortdurend veranderende wisselspanning. Het scherm van de **oscilloscoop** beeldt dit signaal vervolgens af. Zo kun je onderzoeken hoe snel de druk van de lucht verandert.

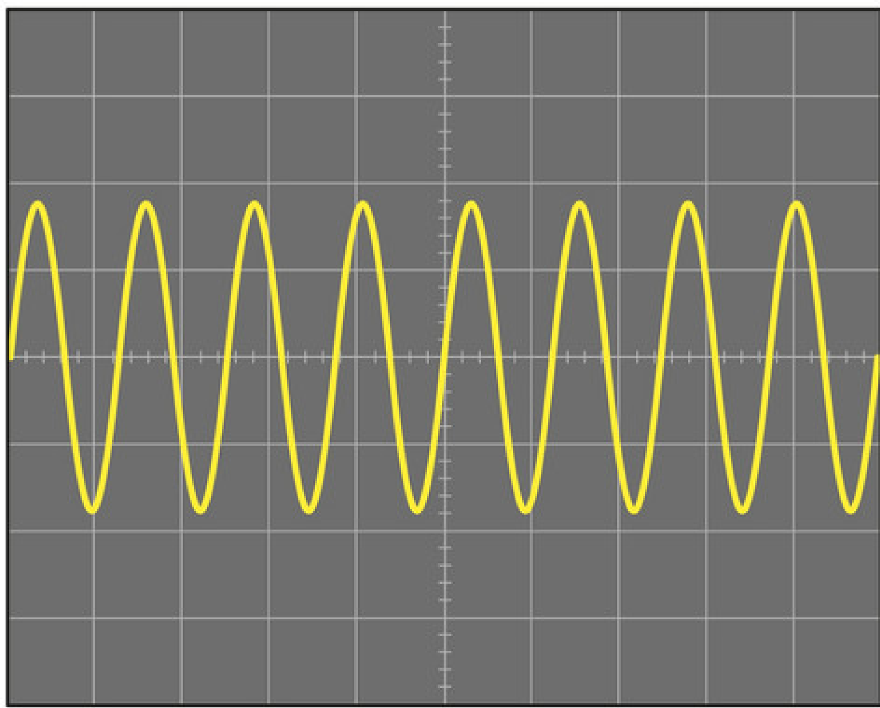
De tijdbasis van de oscilloscoop is ingesteld op 2 ms/div. Dat betekent dat elk hokje 2 milliseconden ‘breed’ is. Je ziet in afbeelding 1b dat er 8 trillingen (8 op en neer gaande bewegingen) in 10 hokjes gaan. Voor die 8 trillingen is dus 10 × 2 ms = 20 ms nodig.
Eén volledige trilling duurt dan $\frac{20}{8}$ = 2,5 ms (= 0,0025 s).

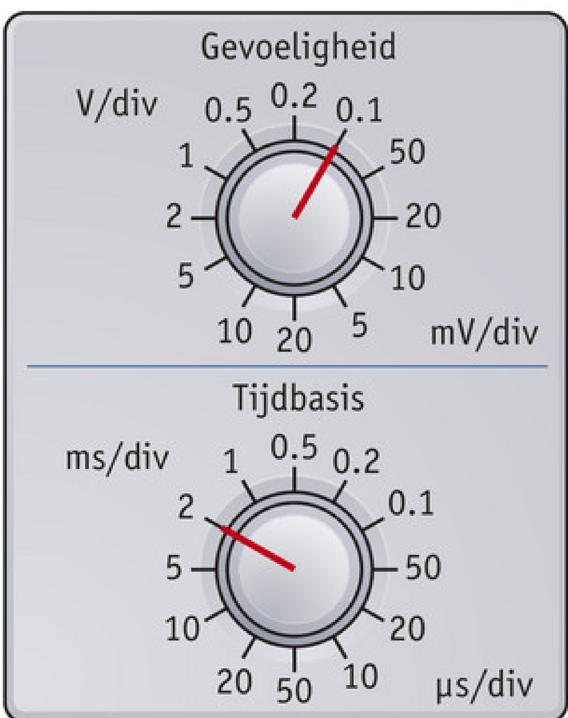
De tijd die nodig is voor één volledige trilling, wordt de **trillingstijd** genoemd. De stemvork van afbeelding 1 heeft dus een trillingstijd van 2,5 ms.

afbeelding 1 Zo kun je de trillingstijd van een stemvork bepalen.



a





b

FREQUENTIE

PROEF 1

Als je de trillingstijd kent, kun je het aantal trillingen per seconde berekenen. Als de trillingstijd 0,1 seconde is, gaan er 10 trillingen in één seconde. Als de trillingstijd 0,01 seconde is, gaan er 100 trillingen in één seconde. Het aantal trillingen in één seconde noem je de **frequentie**. De frequentie van het geluid bereken je met de formule:

$$f = \frac{1}{T}$$

In deze formule is:
- f de frequentie in hertz (Hz);
- T de trillingstijd in seconden (s).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Bereken de frequentie van de stemvork in afbeelding 1.

gegevens T = 2,5 ms = 0,0025 s

gevraagd f = ? Hz

uitwerking $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}0025} = 400$ Hz

TOONHOOGTE

Hoe hoog een toon klinkt, wordt bepaald door de frequentie (en dus ook door de trillingstijd). Dat kun je nagaan met een **toongenerator** waarop je een luidspreker aansluit. Je hebt dan een elektronische stemvork waarvan je zelf de frequentie kunt instellen.

Als je de frequentie groter maakt, hoor je een hogere toon. Als je de frequentie kleiner maakt, daalt de toonhoogte weer. Onthoud:

Hoe groter de frequentie van een trilling, des te hoger is de toon die je hoort.

Met een toongenerator kun je ook onderzoeken welke frequenties voor mensen te horen zijn. Als je jong bent en een normaal gehoor hebt, heb je een **frequentiebereik** van 20 tot ongeveer 20 000 Hz (20 kHz). Tonen waarvan de frequentie kleiner is dan 20 Hz of groter dan 20 000 Hz hoor je niet. Als je ouder wordt, neemt het frequentiebereik van je gehoor af, vooral als het gaat om hoge tonen. Zie *BINAS* tabel 29 *Veroudering gehoorgevoeligheid*.

Dieren hebben vaak een ander frequentiebereik dan mensen. Vleermuizen kunnen bijvoorbeeld veel hogere tonen horen dan mensen, tot voorbij 100 000 Hz (100 kHz). Maar met lage tonen hebben ze juist moeite. Tonen die mensen uitstekend kunnen horen, zijn voor vleermuizen veel te laag. Honden horen zowel laag als hoog beter dan mensen. Vooral bij de hogere tonen doen ze het beter (afbeelding 2).



afbeelding 2 Een hond kan hogere tonen horen dan een mens.

DE TOONHOOGTE BIJ SNAARINSTRUMENTEN

PROEF 2

Als je muziek maakt, produceer je tonen met een verschillende hoogte. Op een gitaar kun je veertig tot vijftig verschillende tonen maken. Op een piano ligt dit aantal zelfs op 88. Bij beide muziekinstrumenten worden de tonen gemaakt met behulp van snaren.

De toonhoogte van een snaar wordt bepaald door:

- de spanning van de snaar;
- de doorsnede van de snaar;
- de lengte van de snaar.

Als je een gitaar stemt, verander je de spanning van de snaren. Als een snaar te laag klinkt, draai je de snaar strakker aan (afbeelding 3). Daardoor krijgt de snaar een grotere spanning. Hoe groter de spanning, des te hoger is de toonhoogte van de snaar.



afbeelding 3 Een gitaar stemmen.

Een gitaar heeft snaren met verschillende doorsnedes. Als je een snaar aanslaat zonder hem in te drukken, geeft een dikke snaar een lage toon. Een dunne snaar geeft een hoge toon. De snaren van een basgitaar zijn daarom veel dikker dan die van een gewone gitaar.

In afbeelding 4 zie je hoe je een E-akkoord speelt. Je drukt daarbij drie snaren in. Van de snaren die je hebt ingedrukt, kan nu nog maar een gedeelte trillen. Je hebt zo'n snaar dan een stukje korter gemaakt. Hoe korter je de snaar maakt, des te hoger wordt de toon.



afbeelding 4 Een gitarist maakt de snaren korter door ze in te drukken.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Het aantal trillingen in één seconde noem je de ....

b De tijd die nodig is voor .... heet de trillingstijd.

c Als de trillingstijd groter wordt, wordt de frequentie ....

d Geluid waarvan de frequentie kleiner is dan .... of groter is dan ...., kun je niet horen.

e Naarmate mensen ouder worden, wordt het frequentiebereik van hun gehoor ...., vooral als het gaat om .... tonen.

2 Kies de juiste woorden.

a Hoe strakker een snaar is gespannen, des te *hoger* / *lager* is de toon.
b Hoe dikker een snaar is, des te *hoger* / *lager* is de toon.
c Hoe korter een snaar is, des te *hoger* / *lager* is de toon.

TOEPASSING

3 Fola sluit een toongenerator aan op een oscilloscoop. Ze stelt de oscilloscoop in op 0,5 ms/div. In afbeelding 5 zie je het beeld op het oscilloscoopscherm.

a Hoe groot is de trillingstijd in milliseconden (ms)?

....

....

....

....

b In seconden is dat .... s.

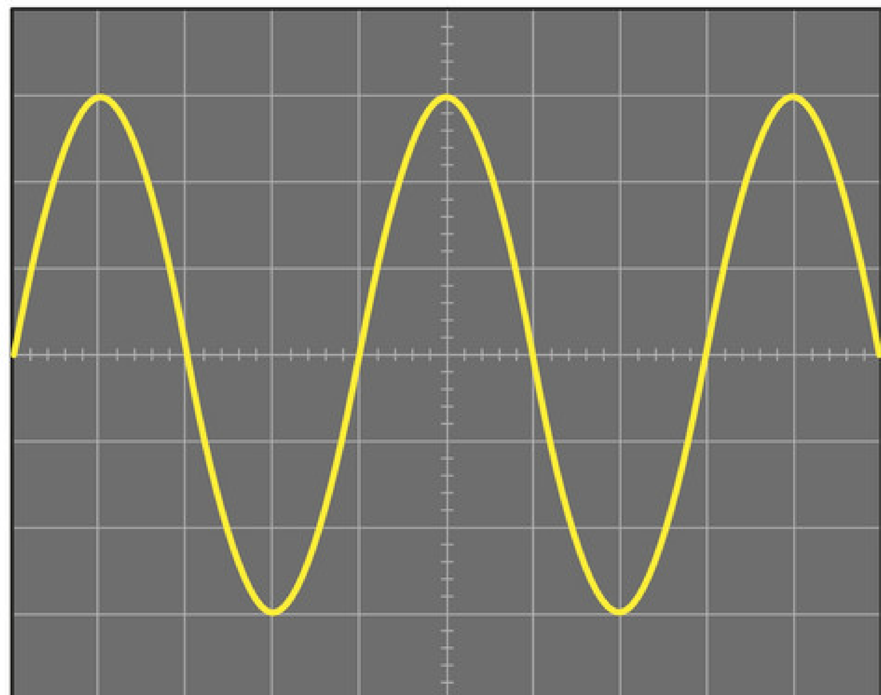
c Bereken de frequentie van de trilling.

....

....

....

....



afbeelding 5 Het oscilloscoopbeeld van Fola.

4 Je hebt vast weleens de volgende geluiden gehoord:

- de piep van een testsignaal (1000 Hz);
- de toon van een zoemende bij (400 Hz);
- de 'brom' van het lichtnet (50 Hz).

In afbeelding 6 zie je hoe een oscilloscoop deze tonen afbeeldt. Naast elk scherm kun je zien hoe de oscilloscoop was ingesteld.

a Bepaal de trillingstijd van:

- toon a

....

....

....

....

- toon b

....

....

....

....

- toon c

....

....

....

....

b Bereken de frequentie van:

- toon a

....

....

....

....

- toon b

....

....

....

....

- toon c

....

....

....

....

c Welk oscilloscoopbeeld hoort bij:
- de pieptoon van een testsignaal?

....

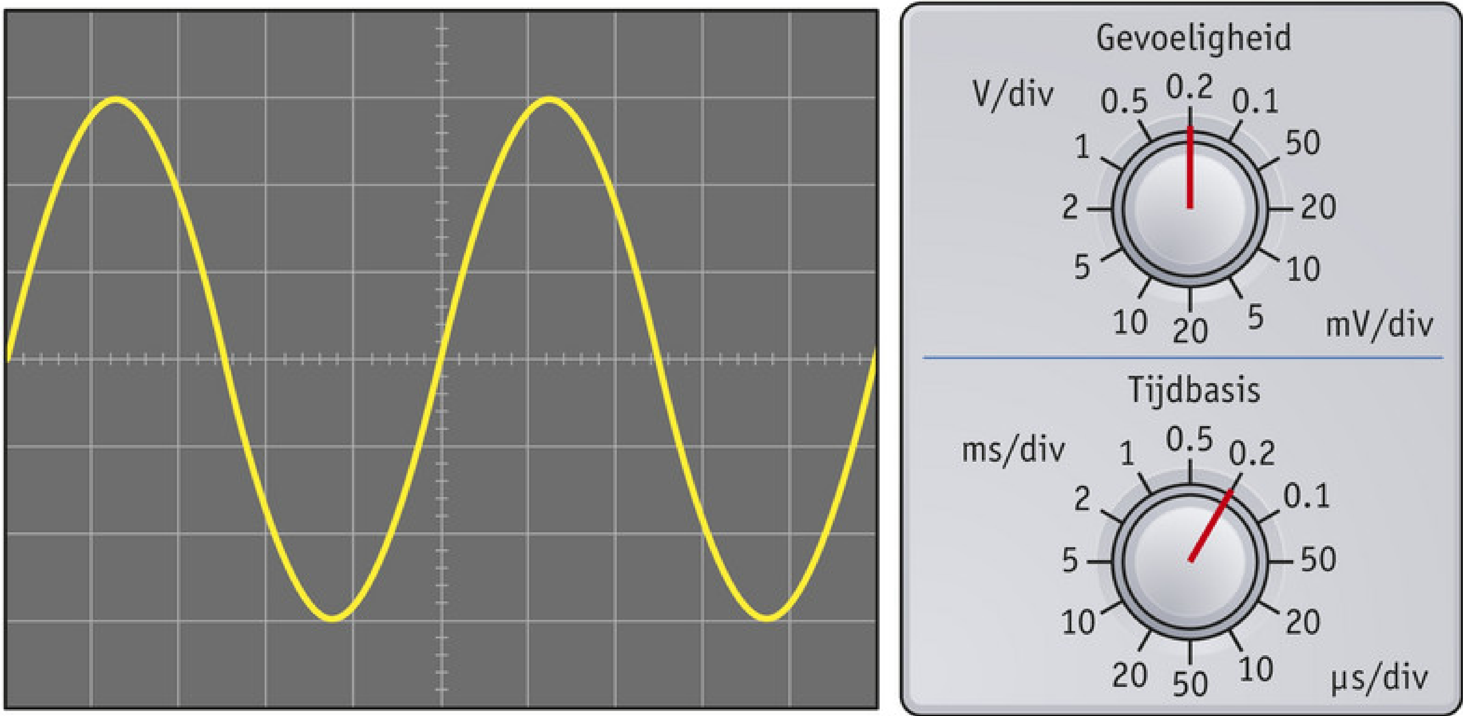
- het geluid van de zoemende bij?

....

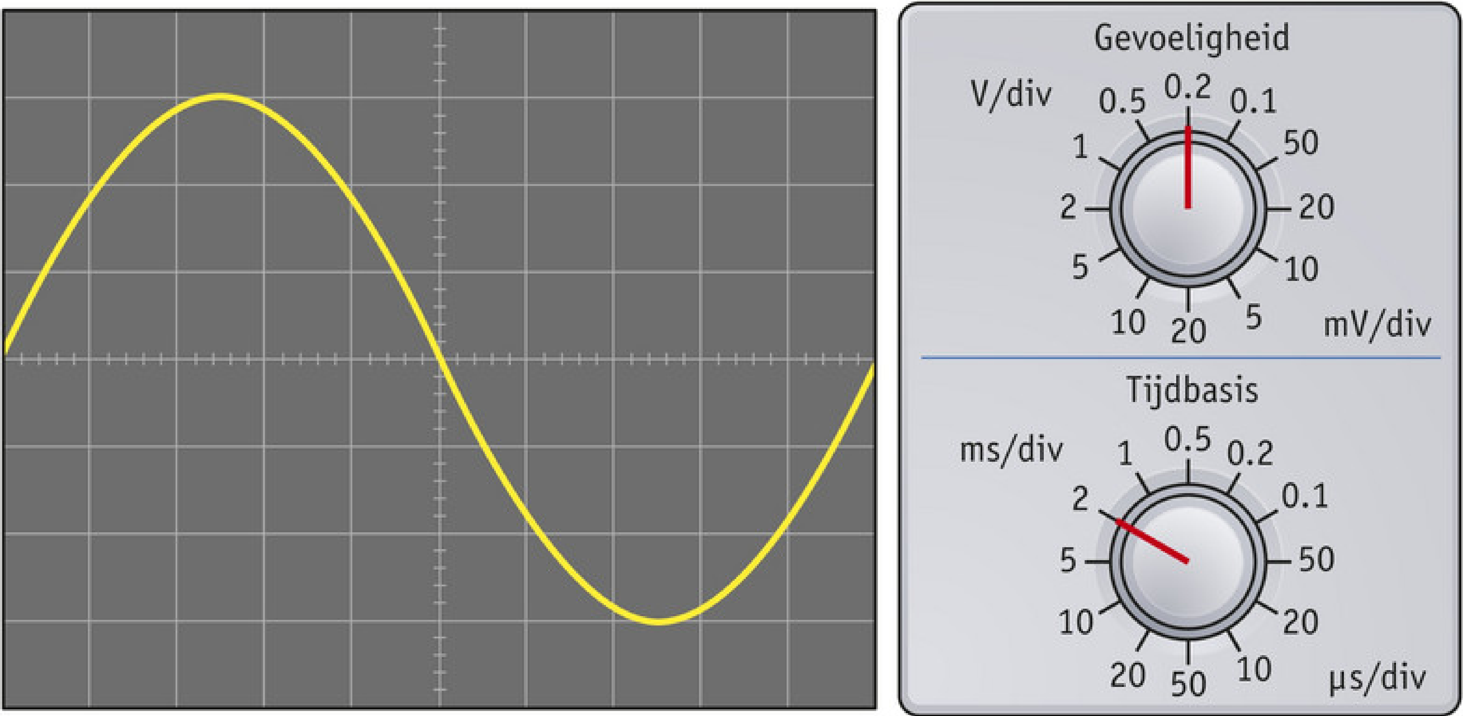
- de 'brom' van het lichtnet?

....

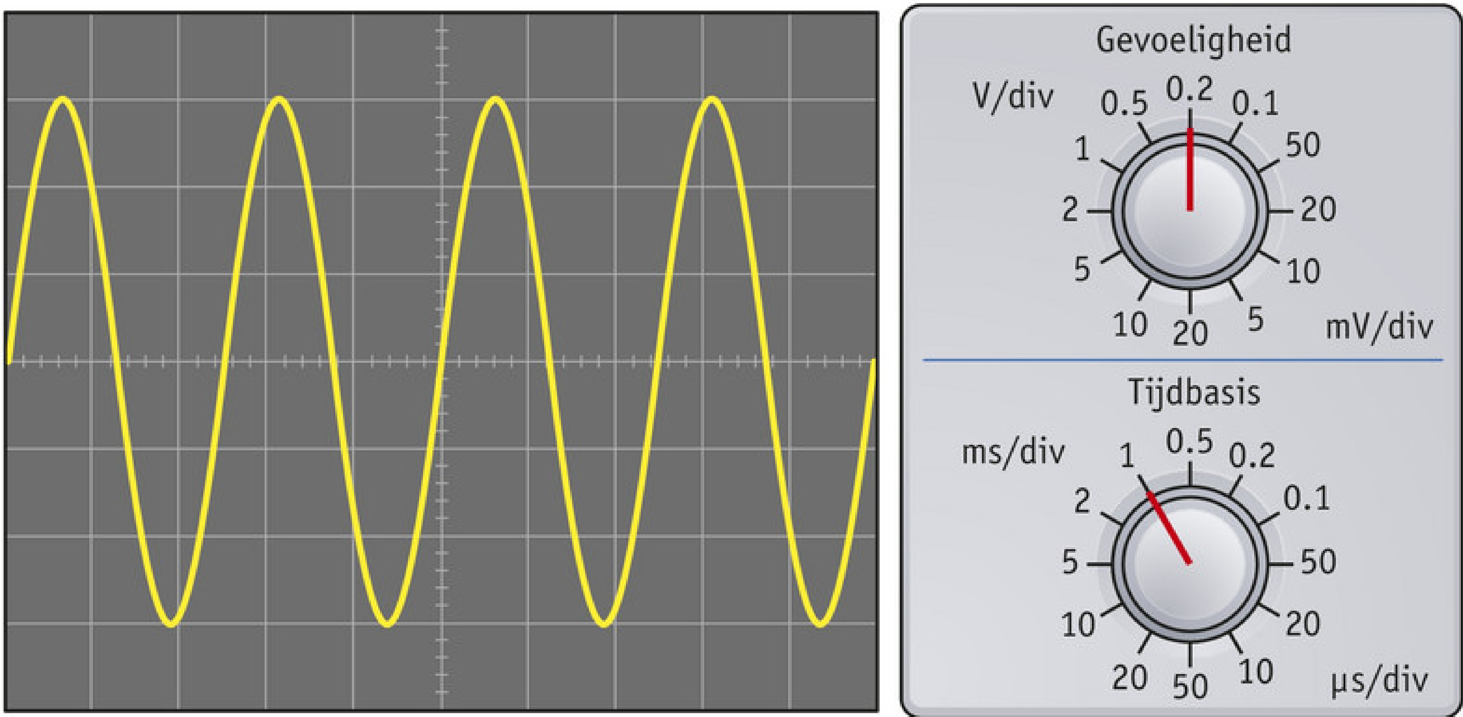
afbeelding 6 Welk oscilloscoopbeeld hoort bij welke toon?



a



b



c

5 Op een website voor slechthorende mensen staat een bericht over rookmelders (afbeelding 7).

a In het bericht staat: “Rookmelders produceren meestal een hoogfrequent geluid.” In welk frequentiegebied ligt dit geluid?

- ○ A tussen 0 en 20 Hz
- ○ B tussen 20 en 2000 Hz
- ○ C tussen 2000 en 20 000 Hz
- ○ D voorbij 20 000 Hz

b Volgens de onderzoekers zijn geluiden tussen 400 en 520 Hz ‘het meest effectief’. Wat hebben de onderzoekers onderzocht om het meest effectieve geluid aan te kunnen wijzen?

....

....

....

c De onderzoekers vinden dat rookmelders een lagere alarmtoon moeten afgeven. Welke twee argumenten geven ze daarvoor?

....

....

....

....

....

afbeelding 7 De frequentie van een alarmtoon kan van levensbelang zijn.

Rookmelders effectiever bij laagfrequente alarmtoon



Onderzoekers van de Victoria Universiteit in Australië hebben ontdekt dat rookmelders beter een lager geluid kunnen afgeven. Zo kunnen volgens de onderzoekers met de melders meer levens worden gered. Rookmelders produceren meestal een hoogfrequent geluid. Dat voldoet prima als mensen wakker zijn. Echter, veel mensen horen dit hoogfrequente geluid niet als ze slapen. Van het normaliter gebruikte hoogfrequente geluid werd slechts 44% van de proefpersonen wakker, terwijl maar liefst 92% wakker werd van het laagfrequente geluid.
De onderzoekers laten in hun onderzoek zien dat geluiden met een frequentie tussen 400 en 520 Hz het meest effectief zijn. Dit geldt helemaal voor slechthorenden, die juist in de hoge frequenties niet meer goed horen.

bron: website van de Nederlandse Vereniging voor Slechthorenden

6 Bereken de trillingstijden van de volgende tonen in milliseconden.

a de laagste toon die je op een piano kunt spelen (27,5 Hz)

....

....

....

....

b de centrale C in het midden van het toetsenbord (261,6 Hz)

....

....

....

....

c de hoogste toon die je op een piano kunt spelen (4186 Hz)

....

....

....

....

7 Sven bekijkt een signaal op een oscilloscoop (afbeelding 8). Hij ziet dat de tijdbasis niet goed is ingesteld.

a Op welke waarde staat de tijdbasis ingesteld? ....

b Moet er een kortere of een langere tijd in beeld worden gebracht? Leg uit.

....

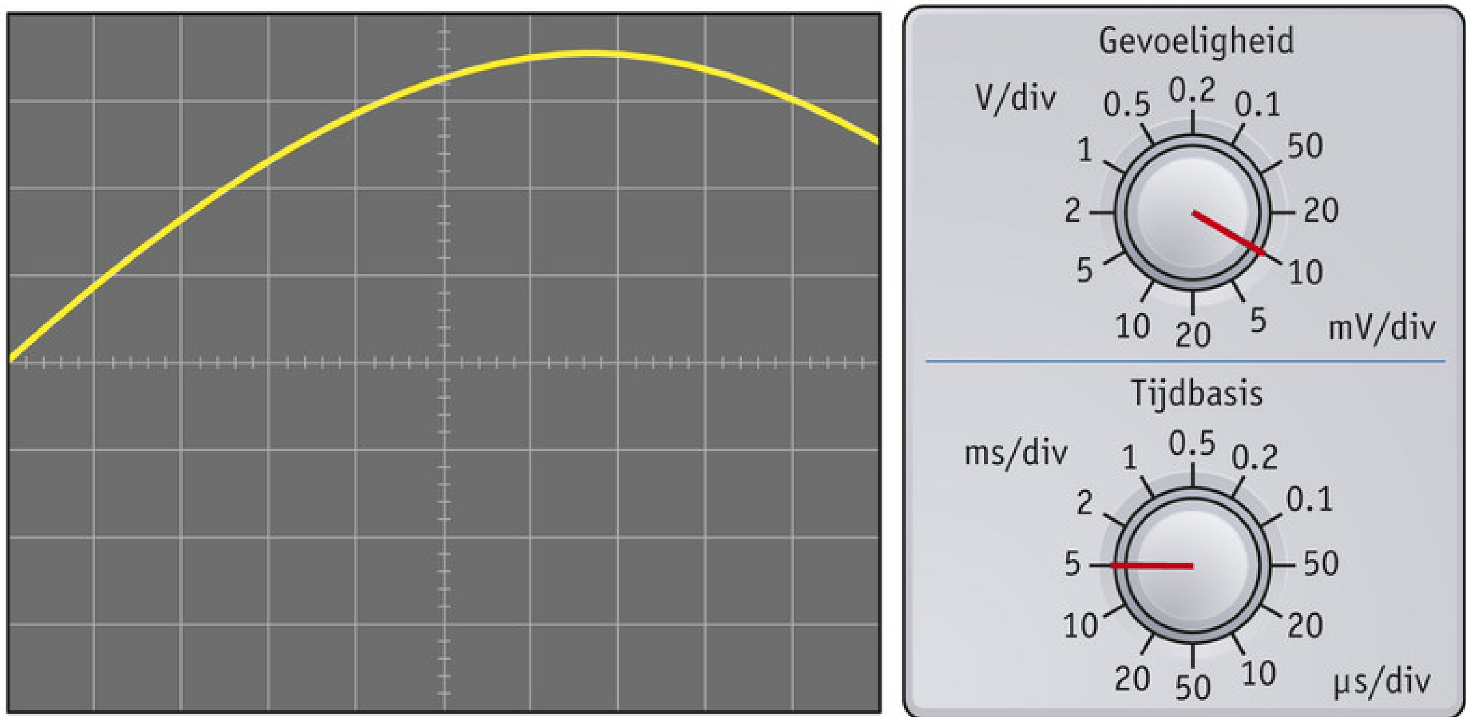
....

c Wat is een betere waarde voor de tijdbasis?

- ○ A 0,05 ms/div
- ○ B 0,5 ms/div
- ○ C 50 ms/div

d Sven stelt de tijdbasis in op de waarde die je bij opdracht c hebt gekozen. Hoeveel trillingen zullen er dan op het scherm te zien zijn?

- ○ A 3 à 4 trillingen
- ○ B 5 à 6 trillingen
- ○ C 7 à 8 trillingen
- ○ D 9 à 10 trillingen



afbeelding 8 De tijdbasis is niet goed ingesteld.

8 Amina heeft een oscilloscoop aangesloten op een toongenerator. De toongenerator levert een signaal van 40 Hz. Amina stelt de tijdbasis in op 10 ms/div. Het scherm bestaat uit 10 hokjes.

a Bereken de trillingstijd van het signaal.

....

....

....

....

b Hoeveel tijd past er op het scherm?

....

....

c Hoeveel trillingen zijn er op het scherm te zien?

....

d Hoeveel trillingen zijn er op het scherm te zien als Amina de tijdbasis instelt op 5 ms/div?

....

....

....

★ 9 Het zaagblad van een cirkelzaag heeft 26 tandjes. Bij het zagen maakt het zaagblad 2400 omwentelingen per minuut. Je hoort dan een hoog, snerpend geluid.

a Bereken de frequentie van dit geluid.

....

....

....

....

....

b In de cirkelzaag wordt een nieuw zaagblad gemonteerd met 32 tandjes.
Beredeneer (zonder berekening) hoe het geluid van de cirkelzaag verandert.

....

....

....

10 Gitaristen kunnen een gitaar bespelen met een slide (afbeelding 9). Dat is een glazen of metalen buisje dat je op de snaren legt, zonder ze in te drukken. De slide stopt de trillingen op de plaats waar hij de snaar raakt. Op die manier kun je het trillende gedeelte van de snaar korter maken, zonder dat je hem hoeft in te drukken.

a Hoe verandert de toon van de snaren, als je de slide in afbeelding 9 naar links beweegt?

....

....

b Hoe verandert de toon van de snaren, als je de slide in afbeelding 9 naar rechts beweegt?

....

....

c Gitaristen kunnen meteen horen dat een gitaar met een slide wordt bespeeld. Leg uit waaraan ze dat kunnen horen.

....

....

....

....



afbeelding 9 Gitaar spelen met een slide.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Geluidssterkte

LEERDOELEN

13.3.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met de amplitude van een (geluids)trilling.
13.3.2 Je kunt een verband leggen tussen de amplitude van een trilling en de geluidssterkte.
13.3.3 Je kunt de amplitude van een elektrisch signaal aflezen op een oscilloscoopscherm.
13.3.4 Je kunt uitleggen hoe je de geluidssterkte kunt meten in de eenheden dB en dB(A).
13.3.5 Je kunt toelichten waarom de dB(A)-schaal wordt gebruikt om geluidshinder te meten.
13.3.6 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met de gehoordrempel en met de pijngrens.
13.3.7 Je kunt rekenen met het verband tussen het aantal geluidsbronnen en de geluidssterkte.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	13.3.1	13.3.2	13.3.3	13.3.4	13.3.5	13.3.6	13.3.7	13.2.2*	13.2.3*
Onthouden	1a		2abc	1c		1ef			
Begrijpen	5a	1b, 4ab	5bcdef	7ac	1d	10ab			8c
Toepassen					7b	10c	9	6ab	8d
Analyseren		8a	3ab	8b					

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

De sterkte van geluiden kan enorm verschillen. Kun je een voorbeeld geven van een geluid dat je nog net kunt horen? En van een geluid dat pijn doet aan je oren?

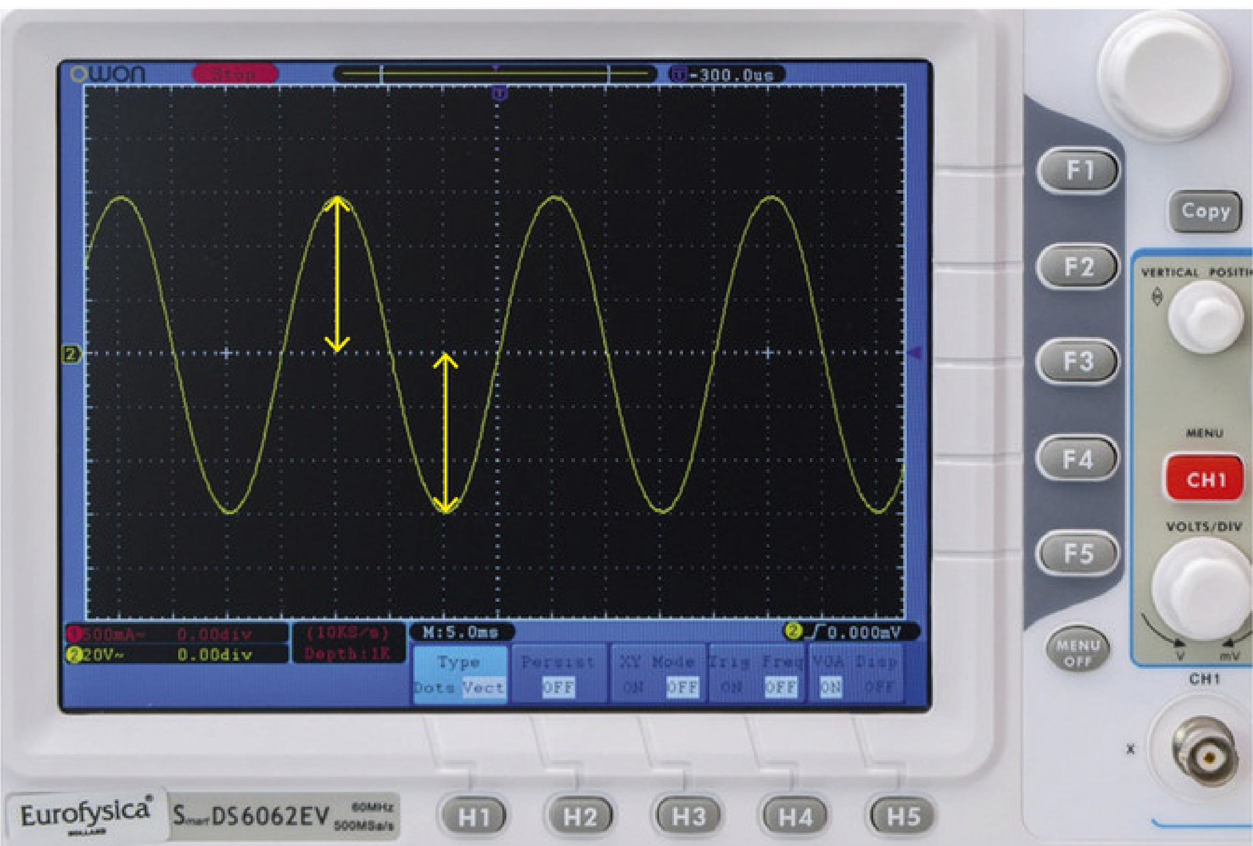
AMPLITUDE EN GELUIDSSTERKTE

Als je een stemvork aanslaat, hoor je een toon die langzamerhand zachter wordt. De geluidssterkte neemt af doordat de benen van de stemvork steeds minder ver heen en weer bewegen. Hierdoor worden de drukverschillen in de lucht rond de stemvork steeds kleiner.

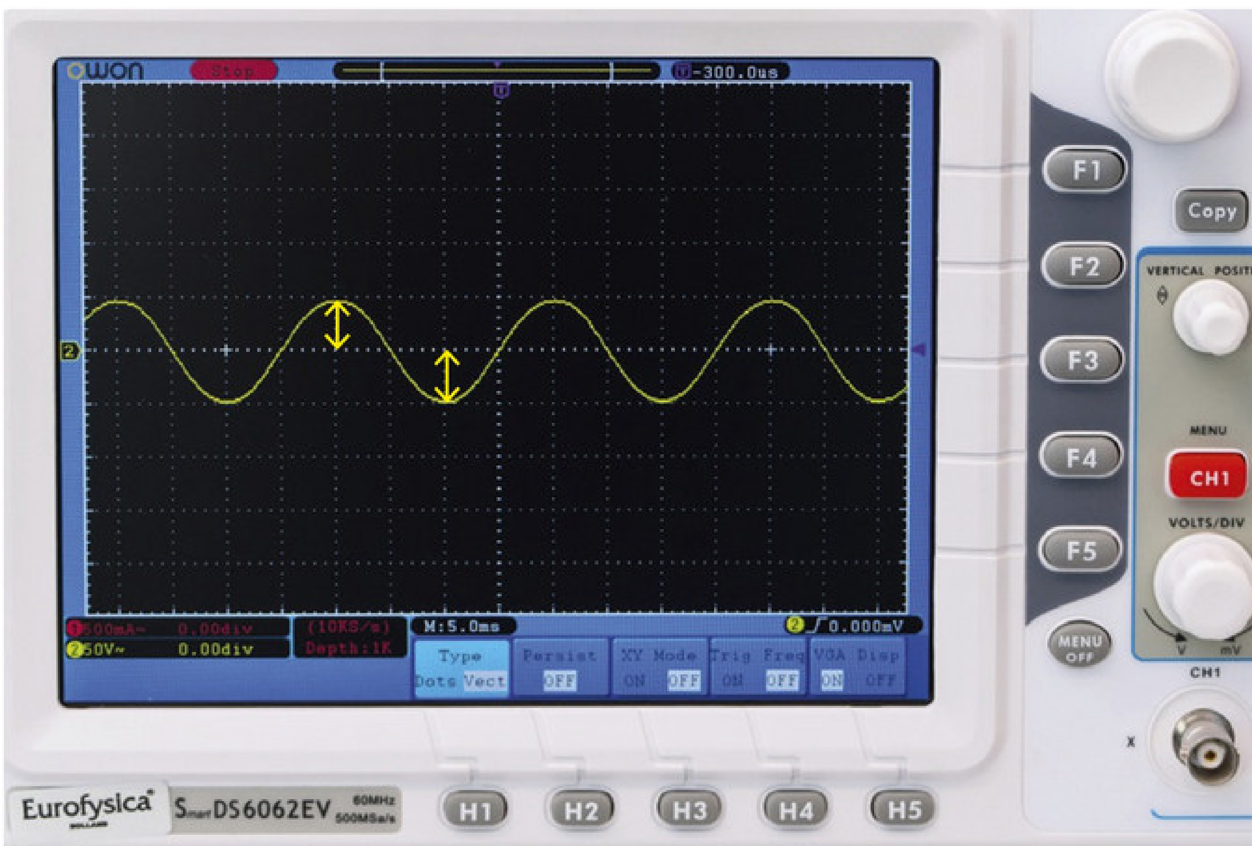
In afbeelding 1 zie je hoe een oscilloscoop de toon van een stemvork weergeeft. De foto van afbeelding 1a is meteen na het aanslaan van de stemvork gemaakt, de foto van afbeelding 1b enkele seconden later. Je ziet dat de drukverschillen in de lucht intussen duidelijk kleiner zijn geworden.

In afbeelding 1 is ook de grootste uitwijking van de trilling als een dubbele pijl ingetekend. Je noemt die grootste uitwijking de **amplitude**. Als de amplitude toeneemt, wordt het geluid luider. Maar het gaat niet gelijk op: een twee keer zo grote amplitude betekent niet dat het geluid ook twee keer zo luid is.

afbeelding 1 Verschillen in geluidssterkte.



a



b

DE AMPLITUDE BEPALEN

Met een oscilloscoop kun je het elektrisch signaal van een microfoon zichtbaar maken. Dit signaal is een spanning die steeds verandert. Je meet die spanning in millivolt (mV). De amplitude is in dit geval de grootste waarde die de spanning bereikt.

Je kunt de amplitude als volgt bepalen:

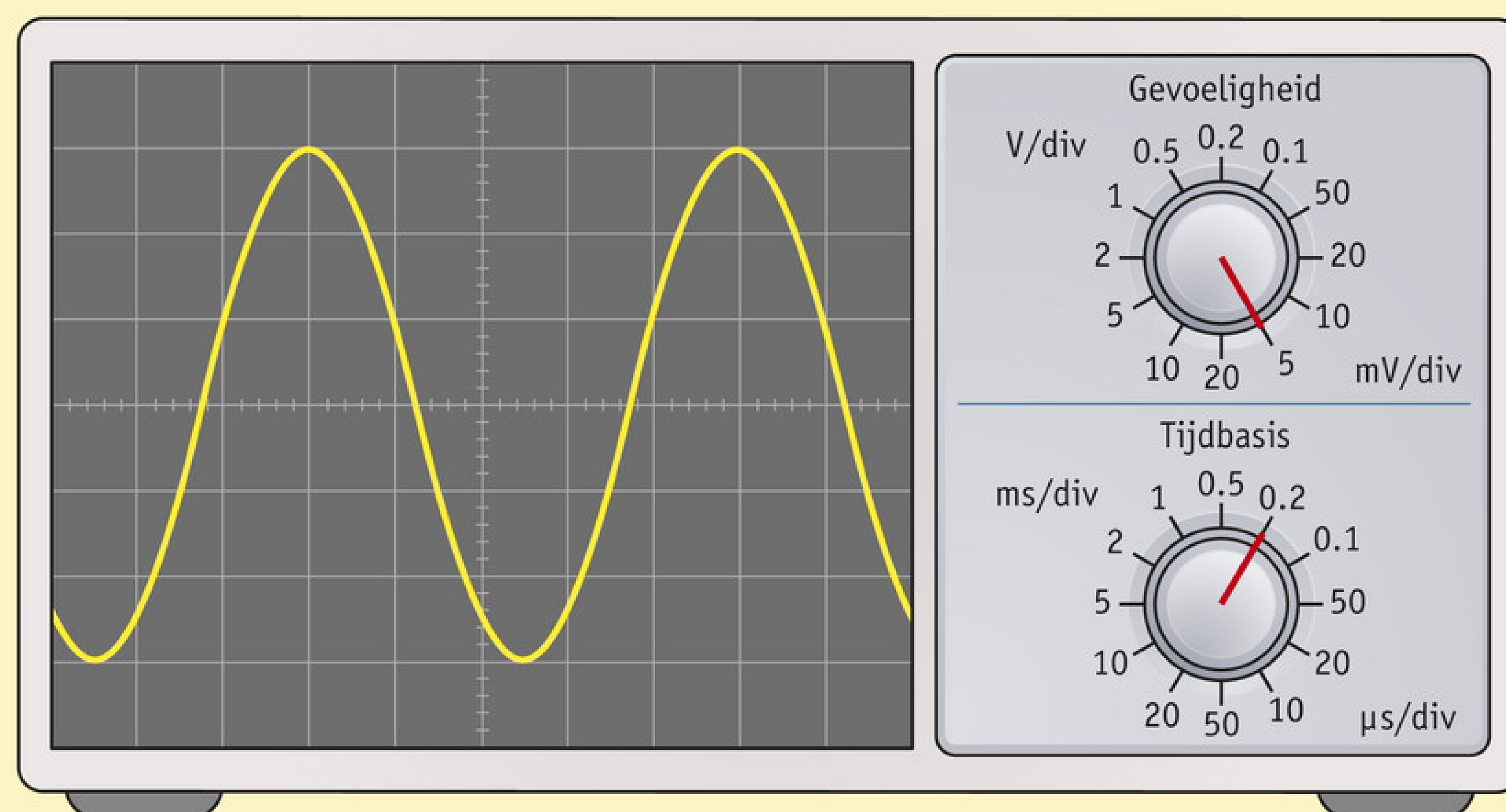
- Tel het aantal hokjes tussen de 'nullijn' en de grootste uitwijking.
- Kijk op welke gevoeligheid (in mV) de oscilloscoop is ingesteld.
- Bereken de amplitude (in mV) door beide gegevens te vermenigvuldigen.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Bepaal de amplitude van de trilling in afbeelding 2.

Uitwerking

Tussen de nullijn en de grootste uitwijking tel je 3 hokjes.
De gevoeligheid is ingesteld op 5 mV/div, dus 5 mV per hokje.
De amplitude is dus: 3 × 5 mV = 15 mV



afbeelding 2 Hoe groot is de amplitude van deze trilling?

DE GELUIDSSTERKTE METEN

PROEF 3

De eenheid van geluidssterkte is de **decibel** (dB). Je meet de geluidssterkte met een **decibelmeter**. Het aantal decibel zegt iets over de drukverschillen in de lucht. Als je weet hoe groot de drukverschillen zijn, kun je het aantal decibel berekenen.

De geluidssterkte in decibel komt niet altijd overeen met de geluidssterkte die mensen gevoelsmatig waarnemen. Dat komt doordat mensen lage en erg hoge tonen minder goed kunnen horen. Deze tonen lijken daardoor minder luid.

Een decibelmeter heeft daarom een filter dat de meter minder gevoelig maakt voor deze hoge en lage tonen. Als je dit **A-filter** inschakelt, vind je de geluidssterkte in **dB(A)**. De geluidssterkte in dB(A) geeft aan hoe luid het geluid voor mensen lijkt. Bij metingen van geluidshinder wordt daarom altijd de dB(A)-schaal gebruikt (afbeelding 3).

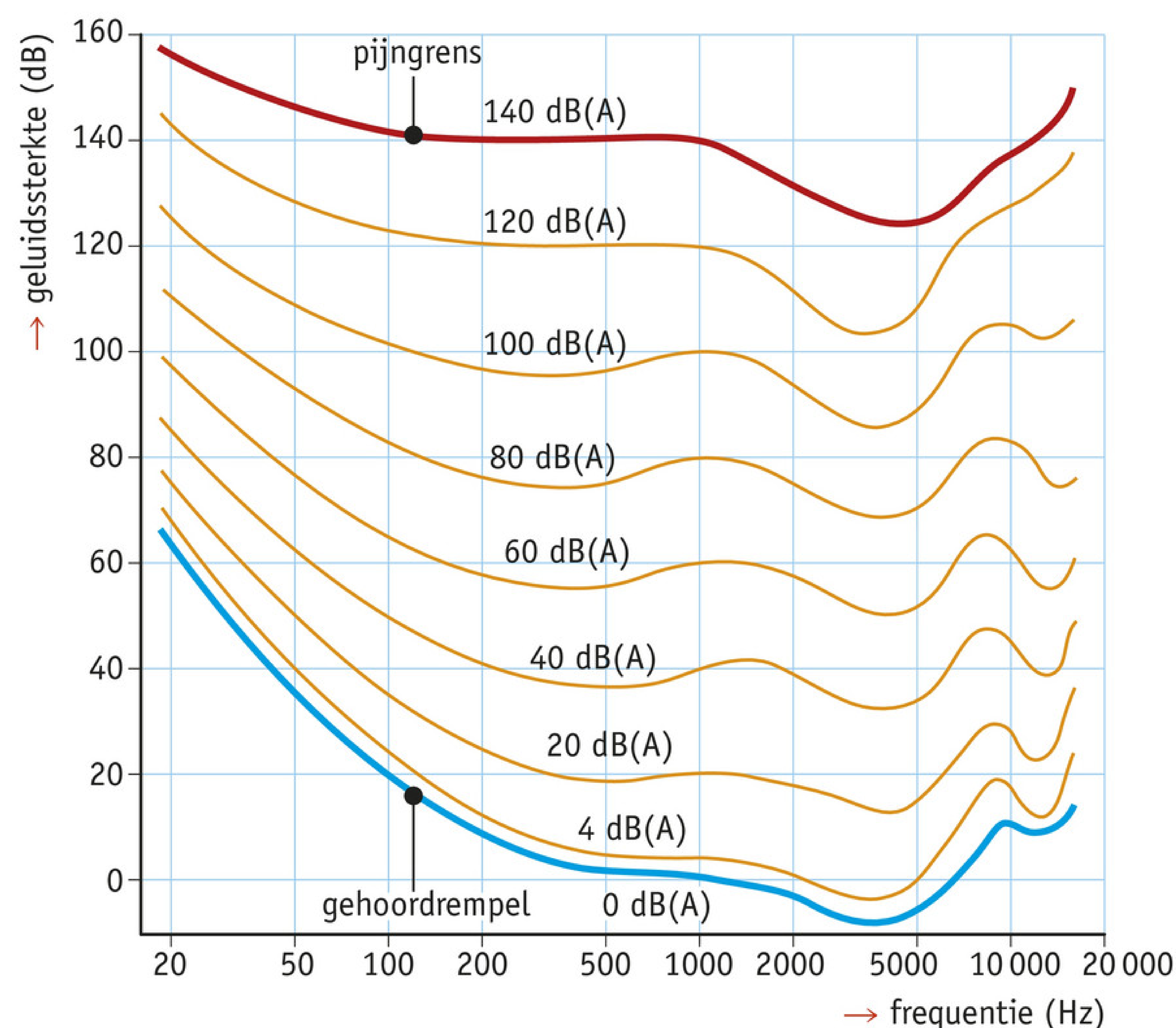


afbeelding 3 Een inspecteur meet de geluidssterkte in dB(A) op een industrieterrein.

GEHOORDREMPEL EN PIJNGRENS

In afbeelding 4 zie je wat het verschil is tussen de geluidssterkte in dB en in dB(A). Bij tonen van 1000 Hz verschilt de dB(A)-schaal niet veel van de dB-schaal. Een toon van 1000 Hz en 0 dB heeft ook in de dB(A)-schaal een waarde van 0 dB(A). Bij lage en bij heel hoge tonen is de geluidssterkte in dB(A) lager dan de geluidssterkte in dB. Een toon van 50 Hz en 38 dB is op de dB(A)-schaal maar 0 dB(A).

De lijn die overeenkomt met 0 dB(A) noem je de **gehoordrempel**. Boven de gehoordrempel kun je geluiden wel horen, onder de gehoordrempel hoor je geluiden niet. De lijn die overeenkomt met 140 dB(A), heet de **pijngrens**. Boven deze grens doet geluid pijn aan je oren. Zie *BINAS* tabel 28 *Gehoorgevoeligheid*.

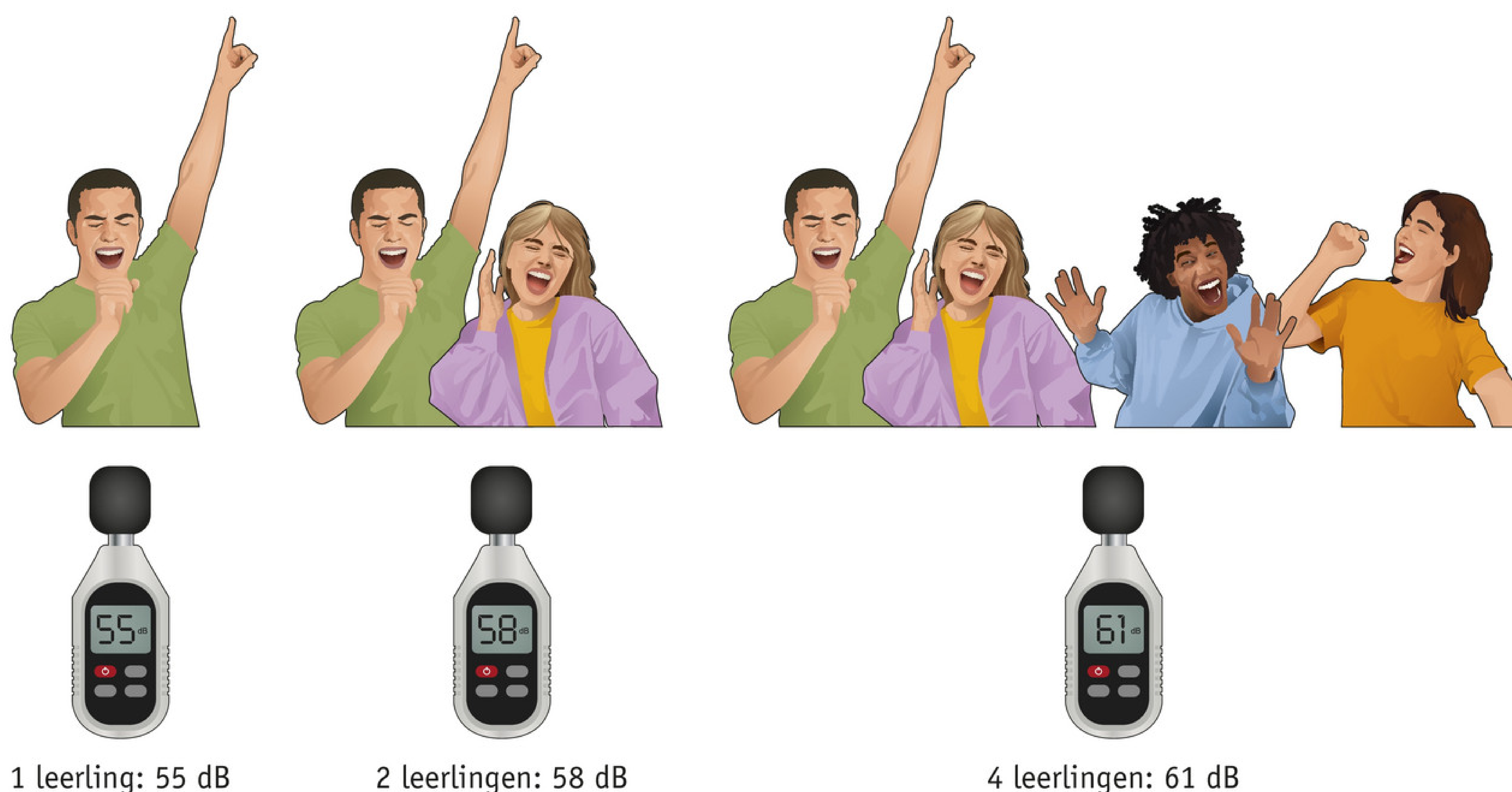


afbeelding 4 Het verband tussen dB en dB(A).

REKENEN MET DECIBEL

Met de decibelschaal is iets bijzonders aan de hand. Dit merk je als je in een muzieklokaal de geluidssterkte meet. Als één leerling zingt, schommelt de geluidssterkte rond de 55 dB (afbeelding 5). Als 32 leerlingen zingen, zou je verwachten dat de geluidssterkte 32 keer zo groot wordt. Maar dat is niet zo: je meet slechts een geluidssterkte van 70 dB.

afbeelding 5 Zo neemt de geluidssterkte toe als je het aantal geluidsbronnen verdubbelt.



Als het aantal geluidsbronnen 32 keer zo groot wordt, heb je 32 keer zo veel geluidsenergie. Toch wordt de geluidssterkte niet 32 keer zo groot. Hoe groot de geluidssterkte wel wordt, kun je berekenen met de volgende rekenregel:

Als het aantal geluidsbronnen verdubbelt, neemt de geluidssterkte toe met 3 dB.

Dus:

1 leerling	55 dB
2 leerlingen	58 dB
4 leerlingen	61 dB
8 leerlingen	64 dB
16 leerlingen	67 dB
32 leerlingen	70 dB

Deze rekenregel geldt alleen voor geluidsbronnen die (ongeveer) evenveel geluid maken, zoals leerlingen die allemaal (ongeveer) even hard zingen.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a De grootste .... van een .... wordt de amplitude genoemd.

b Als de amplitude van een geluidstrilling ...., wordt het geluid zachter.

c De geluidssterkte meet je in de eenheid ....

d Het A-filter houdt rekening met ....

e De gehoordrempel ligt bij .... dB(A).

f De pijngrens ligt bij .... dB(A).

2 Als je een meting met een oscilloscoop doet, stel je eerst de tijdbasis en de gevoeligheid in. Dat doe je met de twee knoppen die in afbeelding 6 staan afgebeeld.

a De tijdbasis in afbeelding 6a staat ingesteld op ....

en de gevoeligheid op ....

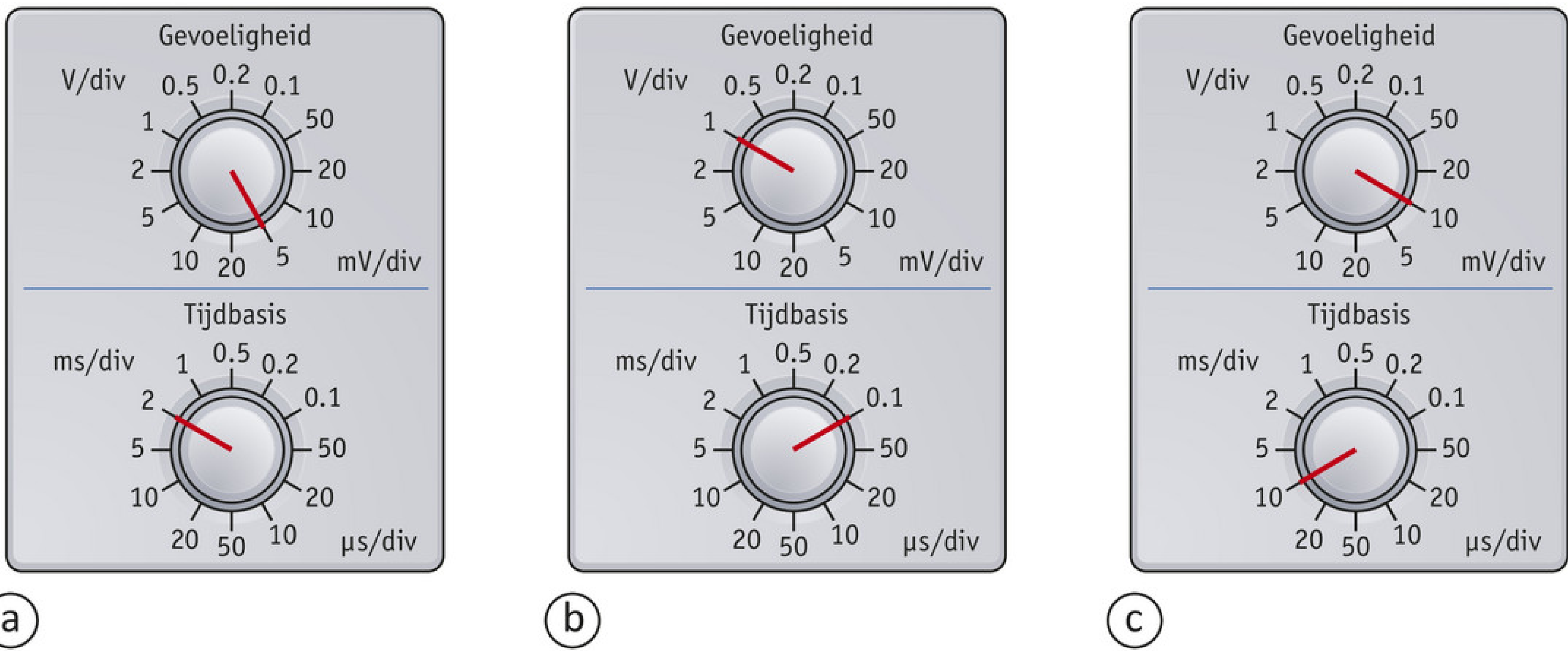
b De tijdbasis in afbeelding 6b staat ingesteld op ....

en de gevoeligheid op ....

c De tijdbasis in afbeelding 6c staat ingesteld op ....

en de gevoeligheid op ....

afbeelding 6 Met deze twee knoppen stel je de tijdbasis en de gevoeligheid in.



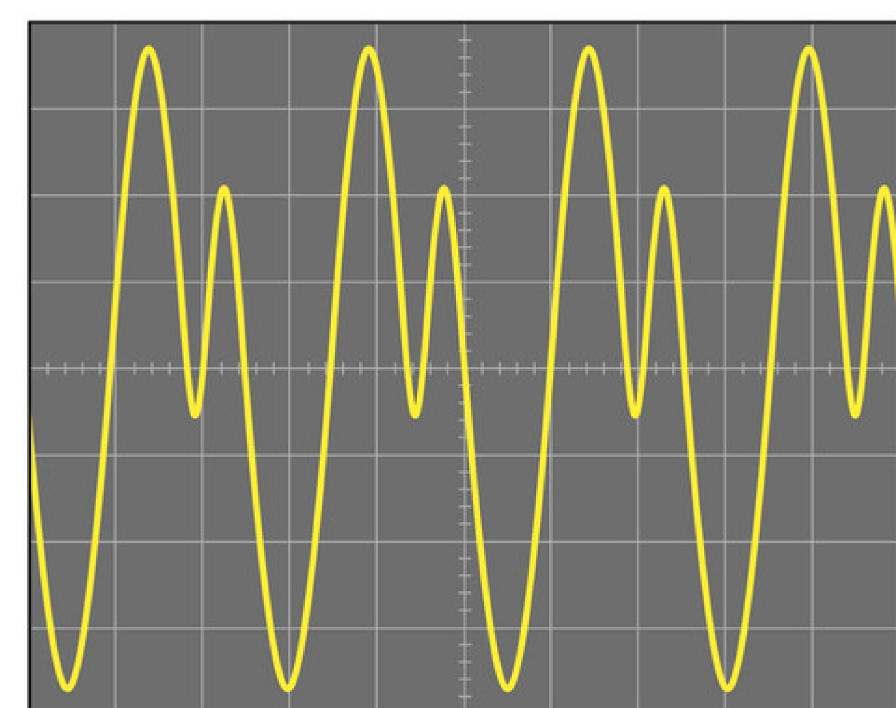
TOEPASSING

3 In afbeelding 7 zie je drie verschillende tonen. De tijdbasis en de gevoeligheid zijn steeds op dezelfde waarde ingesteld.

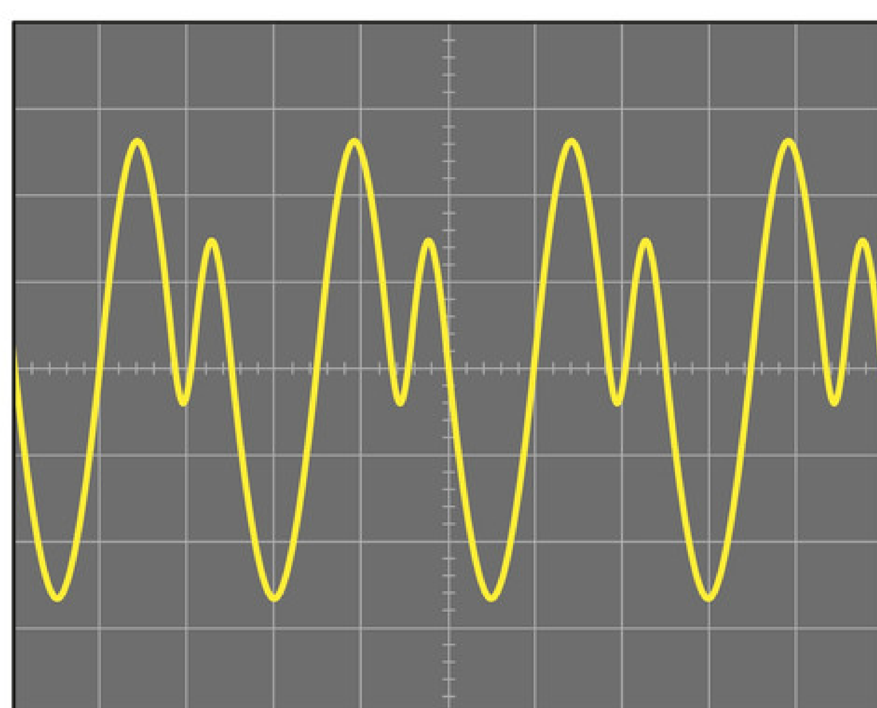
a Oscilloscoopbeeld *a* / *b* / *c* hoort bij de luidste toon.

b Oscilloscoopbeeld *a* / *b* / *c* hoort bij de hoogste toon.

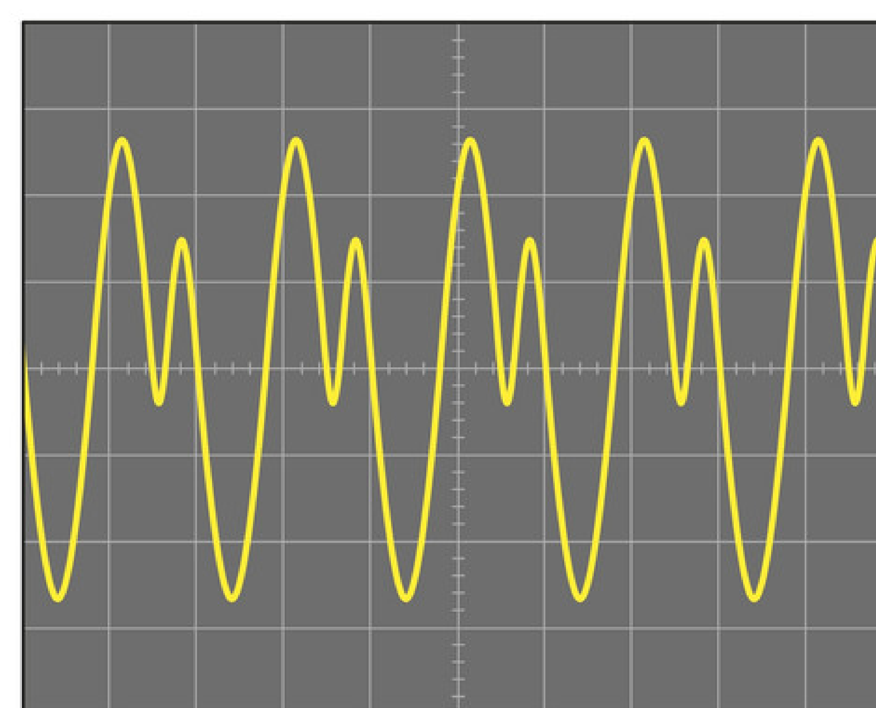
afbeelding 7 Oscilloscoopbeelden van drie verschillende tonen.



a



b



c

4 Andreas doet een geluidsproef met een computer en een microfoon. Hij zet de microfoon vlak voor een stemvork. Daarna slaat hij de stemvork aan. Terwijl de toon klinkt, maakt hij drie keer een korte opname van het geluid.
Andreas maakt screenshots van de geluidsopnamen (afbeelding 8) en slaat deze op. Hij vergeet alleen te noteren in welke volgorde hij de opnamen heeft gemaakt.

a In welke volgorde zijn de opnamen in afbeelding 8 gemaakt?

....

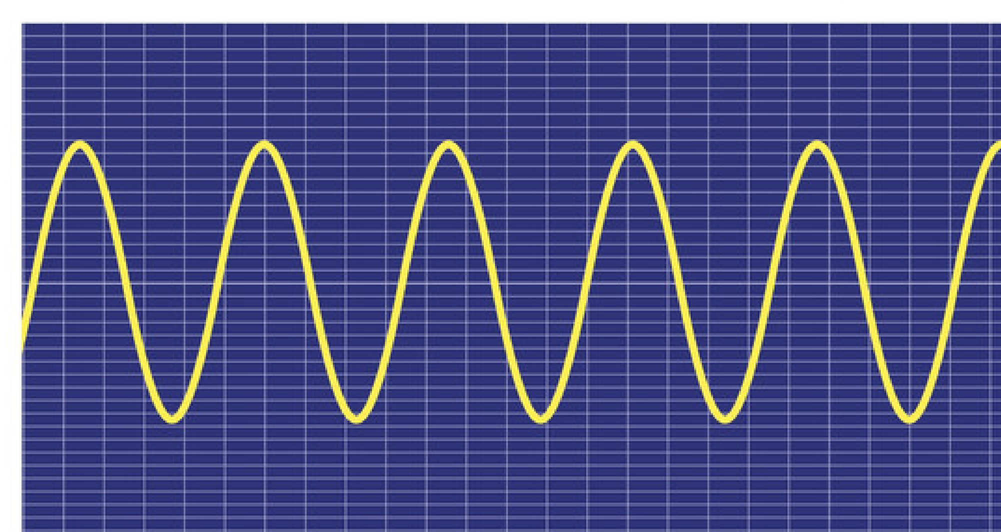
b Waaraan zie je dat?

....

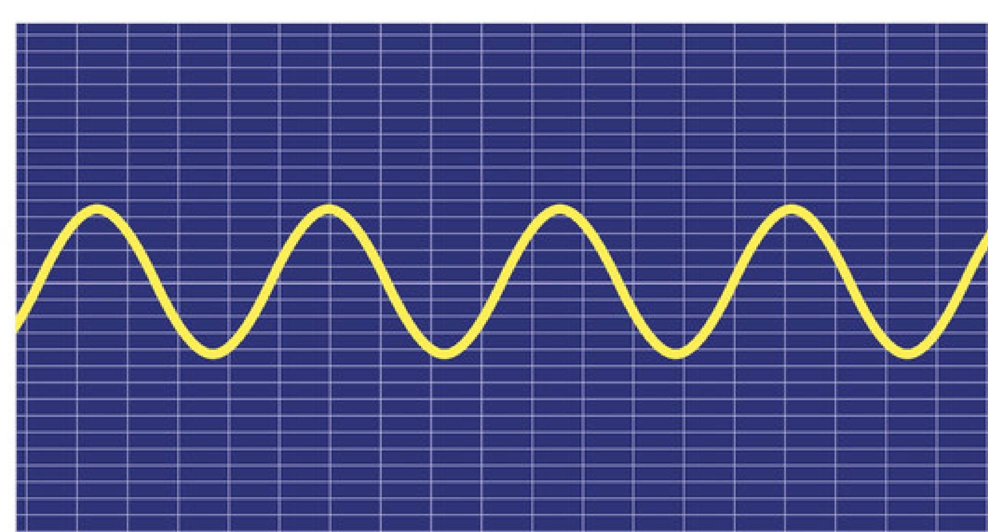
....

....

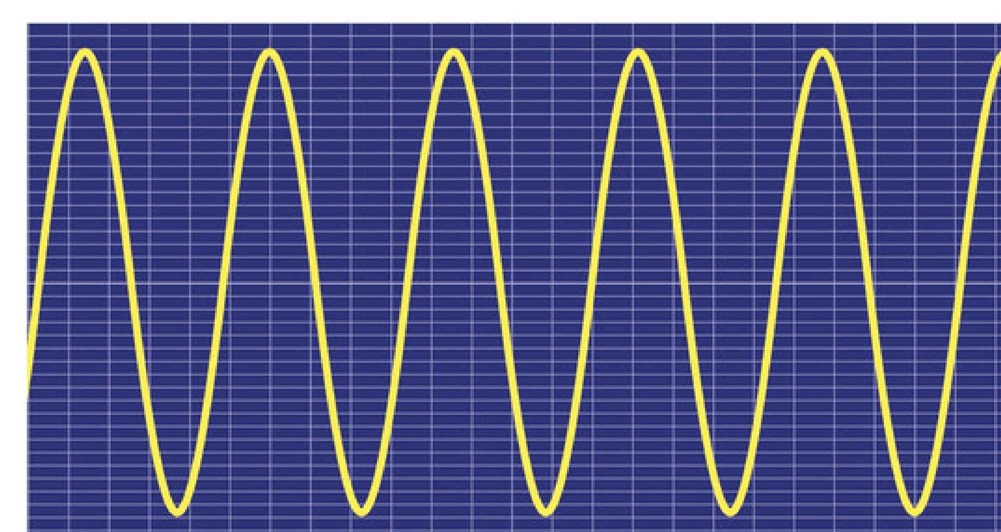
afbeelding 8 De geprinte geluidsopnamen van Andreas.



a



b



c

5 Lydia heeft een toongenerator aangesloten op een oscilloscoop. In afbeelding 9 zie je hoe het scherm van de oscilloscoop er bij twee van haar proeven uitzag.

a Welke trilling lijkt de grootste amplitude te hebben, als je alleen kijkt naar de oscilloscoopschermen?
de trilling in afbeelding *9a* / *9b*

b Kijk nu ook naar de knoppen die naast de schermen staan afgebeeld.
Op hoeveel mV/div had Lydia de oscilloscoop ingesteld in afbeelding 9a?

....

c Hoe groot is de amplitude (in mV) van het signaal in afbeelding 9a?

....

d Op hoeveel mV/div had Lydia de oscilloscoop ingesteld in afbeelding 9b?

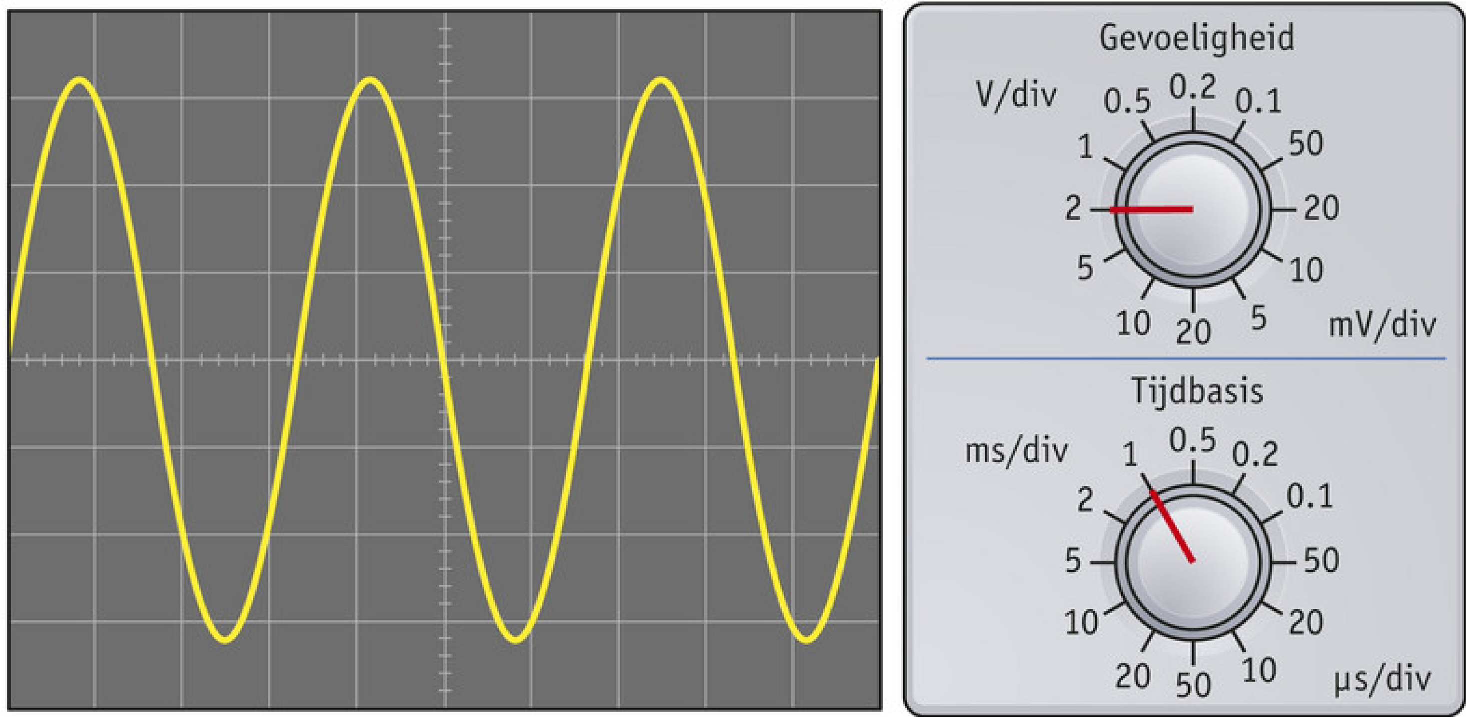
....

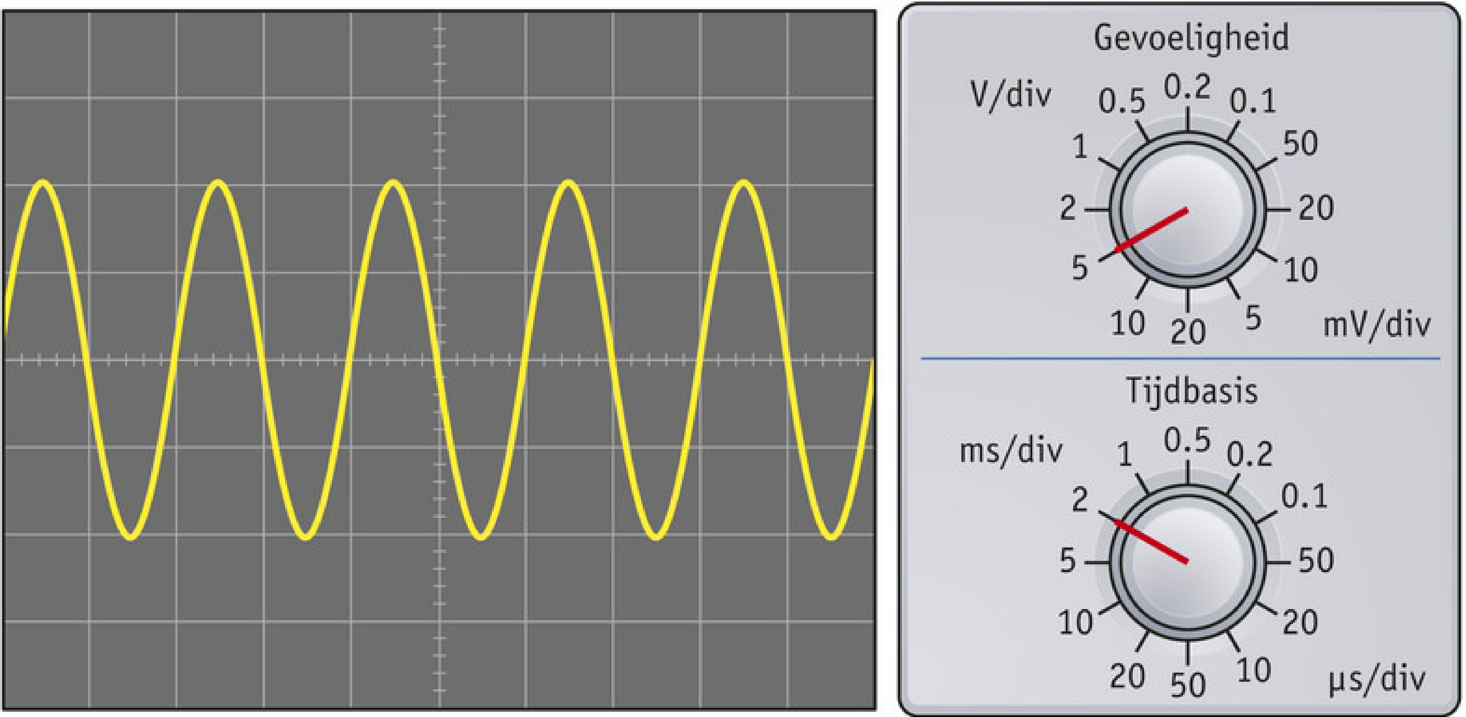
e Hoe groot is de amplitude (in mV) van het signaal in afbeelding 9b?

....

f Welke van de twee trillingen had dus de grootste amplitude?
de trilling in afbeelding *9a* / *9b*

afbeelding 9 Het signaal op Lydia's oscilloscoop.





6 In afbeelding 9 van opdracht 5 kun je ook zien op welke tijdbasis de oscilloscoop was ingesteld.

a Bereken de frequentie van de toon in afbeelding 9a.

....

....

....

....

....

b Bereken de frequentie van de toon in afbeelding 9b.

....

....

....

....

....

7 Op het energielabel van een vaatwasser staat ook hoeveel geluid het apparaat produceert. De fabrikant moet deze geluidssterkte meten volgens een vaste methode. In afbeelding 10 zie je een decibelmeter waarmee zo'n meting wordt uitgevoerd.

a Waaraan kun je zien dat bij deze meting het A-filter is gebruikt?

....

....

b Waarom moet het A-filter bij deze meting worden ingeschakeld?

....

....

....

....

....



afbeelding 10 Meten met een decibelmeter.

c Hoe groot is de geluidssterkte die de decibelmeter aangeeft?

....

★ 8 Met de opstelling van afbeelding 11 kun je onderzoeken hoe goed een luidspreker verschillende frequenties weergeeft. De toongenerator wordt zo afgesteld dat het geleverde signaal steeds even sterk is. De afstand tussen de luidspreker en de decibelmeter moet bij alle metingen even groot zijn.

a Waarom is dat nodig?

....

....

....

b In afbeelding 12 zie je de meetresultaten van zo'n proef.
Welke tonen worden goed door de luidspreker weergegeven?

....

c In geluidsboxen zitten soms drie verschillende luidsprekers:
- een woofer voor de lage tonen;
- een squawker voor de middentonen;
- een tweeter voor de hoge tonen.

Is de luidspreker van afbeelding 12 een woofer, een squawker of een tweeter? Licht je antwoord toe.

....

....

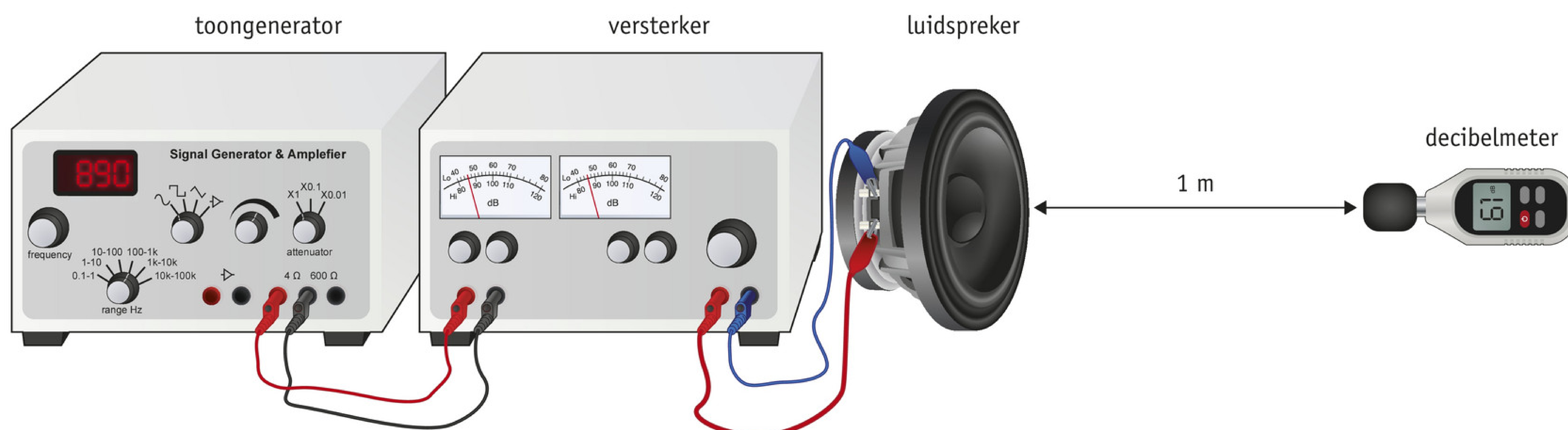
....

d Een omroepinstallatie hoeft alleen maar de stem van de omroeper goed weer te geven. Het stemgeluid heeft ongeveer een bereik van 120 tot 1200 Hz.
Leg uit of de luidspreker van afbeelding 12 geschikt is voor zo'n omroepinstallatie.

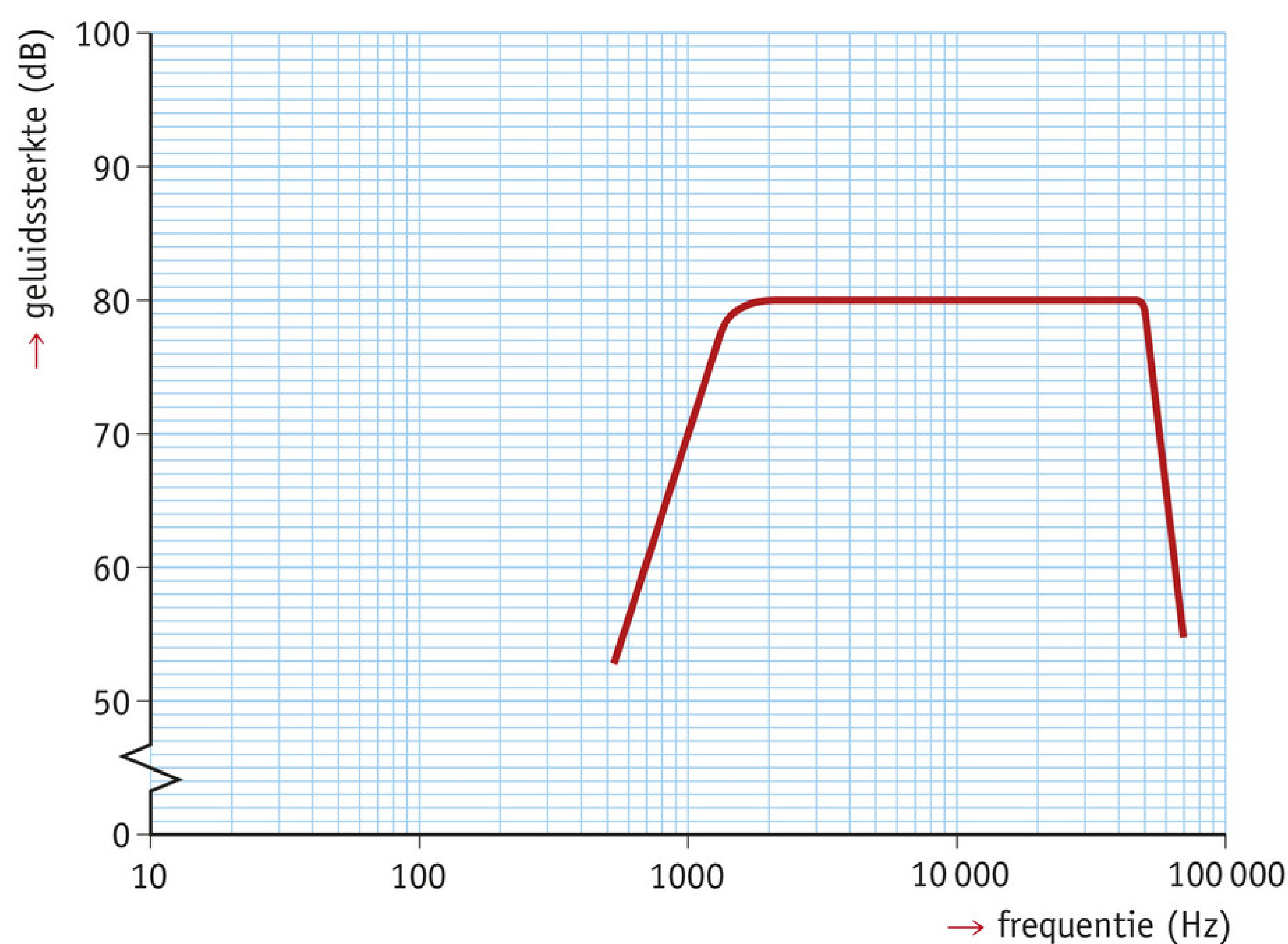
....

....

....



afbeelding 11 Een luidspreker testen.



afbeelding 12 De meetgegevens van een luidspreker.

9 In een voetbalstadion zitten 4000 supporters. Er wordt een doelpunt gescoord. Alle supporters juichen. De geluidssterkte van een juichende supporter is 85 dB. Alle supporters juichen ongeveer even luid. Als het aantal geluidsbronnen verdubbelt, neemt de geluidssterkte toe met 3 dB.
Bereken de geluidssterkte van de 4000 supporters.

....

....

....

....

....

....

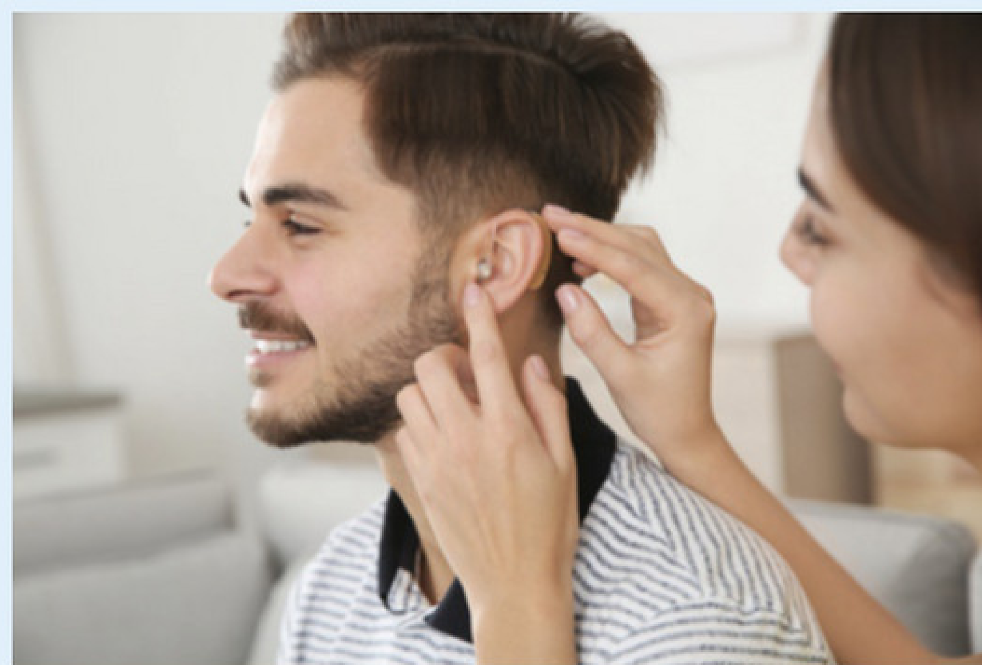
....

....

....

....

Werken als audicien — beroep



Suzan (31) werkt als audicien bij een hoorwinkel. Ze voert gehoortesten uit, helpt klanten een gehoortoestel uit te zoeken en geeft uitleg over gebruik, bediening en onderhoud. “Het is voor een deel best wel technisch werk,” vertelt ze. “Je moet echt je best doen om goed bij te blijven. Maar je hebt ook veel contact met klanten, het is heel afwisselend werk.” Suzan vertelt dat ze een mbo-opleiding Audicien (niveau 4) heeft gedaan. “Een leuke opleiding, met veel praktijk. Ik werkte vier dagen in de week bij een bedrijf en hoefde maar een dag in de week naar school. Dat is ideaal als je praktisch bent ingesteld, zoals ik, en graag snel geld wilt verdienen.”

10 Lees de tekst ‘Werken als audicien’.
Suzan test het gehoor van een nieuwe klant. Via een koptelefoon laat ze een toon horen met een bepaalde frequentie: eerst onhoorbaar zacht, daarna steeds luider. Het geluidsniveau waarbij de klant de toon voor het eerst hoort, geeft ze met een punt in een grafiek aan. Dit herhaalt ze bij een aantal frequenties. Daarna verbindt ze de punten met rechte lijnen.
In afbeelding 13 zijn de grafieken van de test afgebeeld.

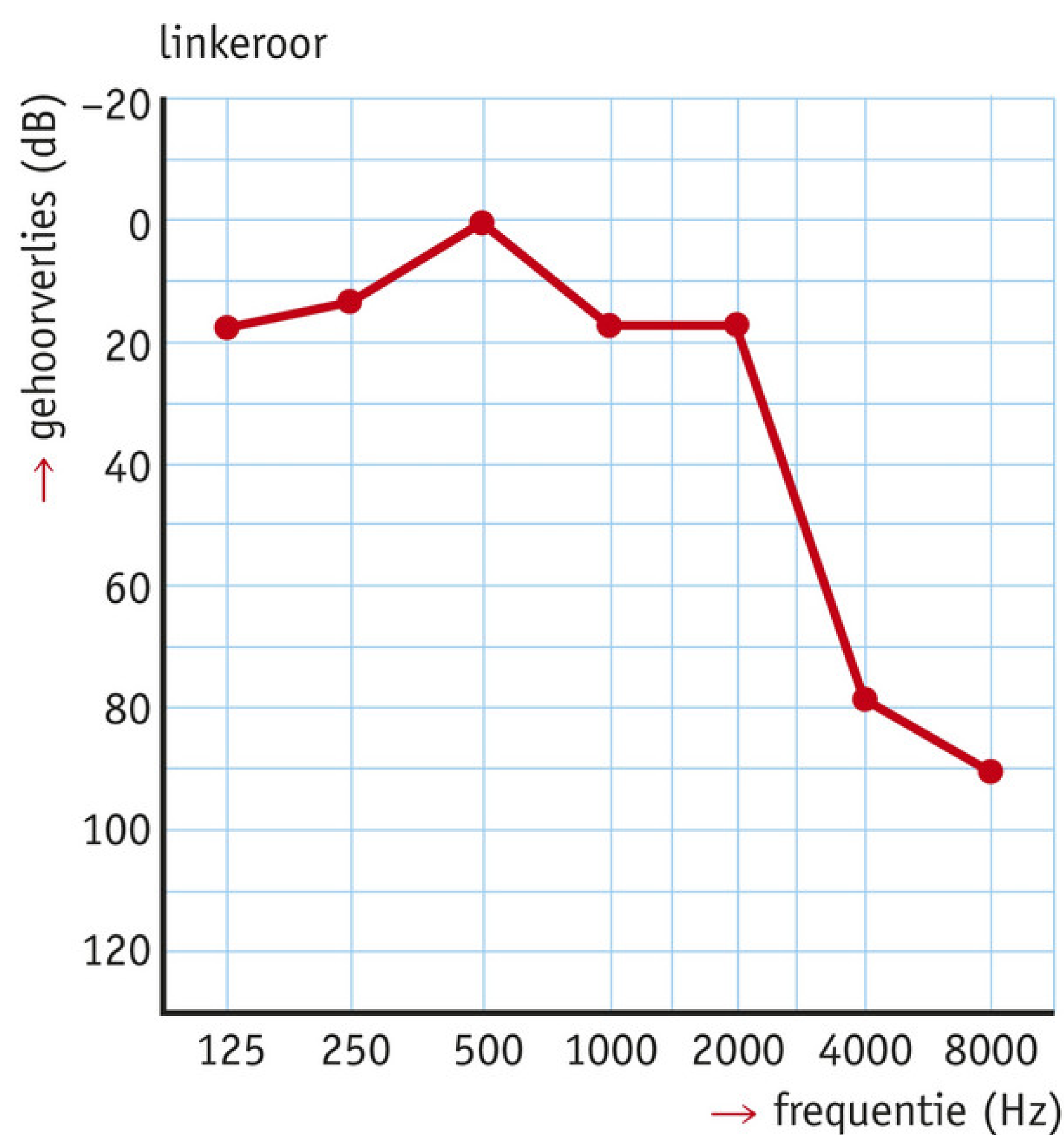
a Deze klant kan beter *hoge* / *lage* tonen horen.

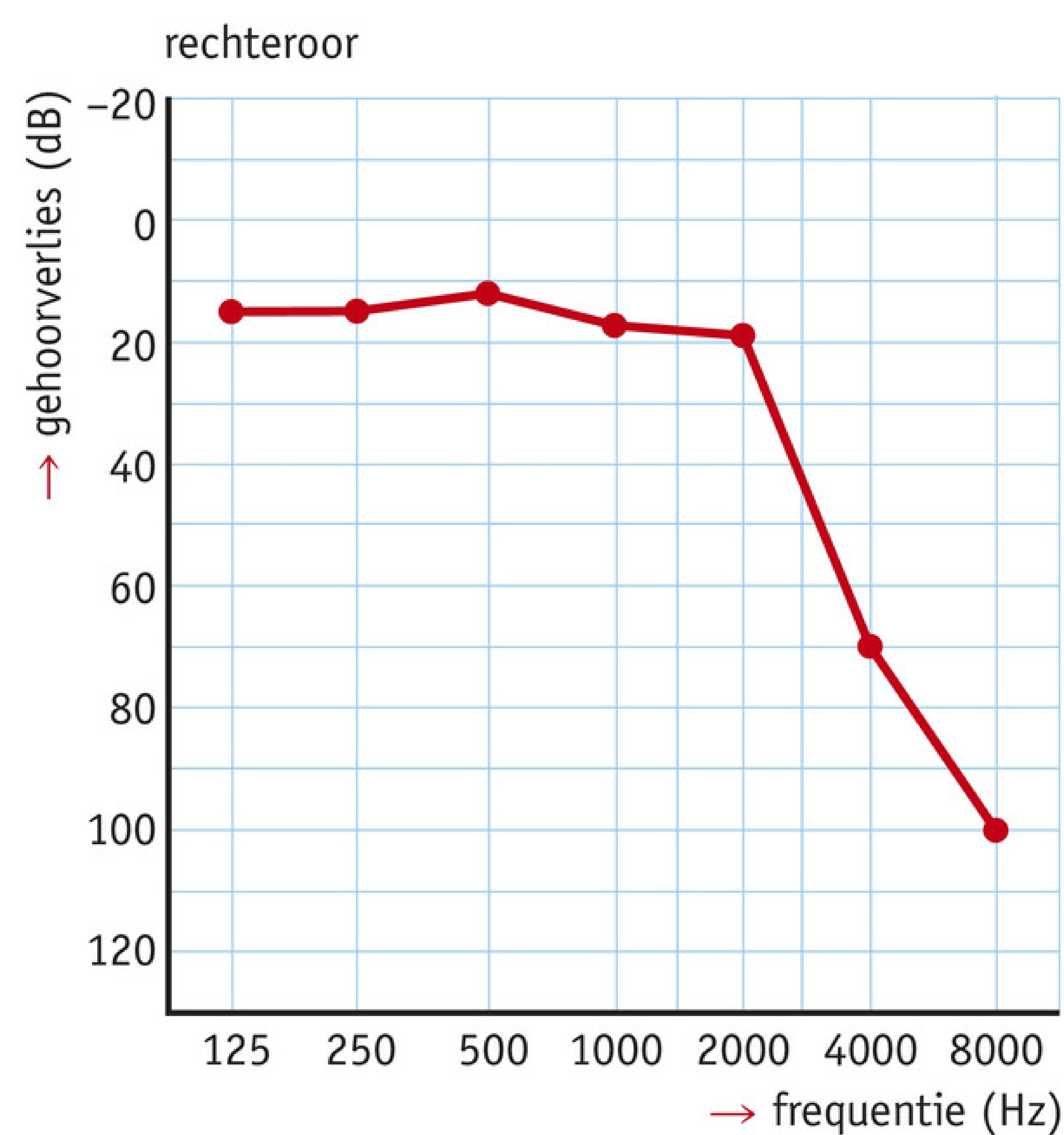
b Voor welke tonen is er een groot gehoorverlies?

....

c Wat kun je uit de grafiek in afbeelding 13 aflezen over het gehoor van de klant?
- ○ A waar de pijngrens ligt
- ○ B waar de gehoordrempel ligt
- ○ C hoe groot het frequentiebereik is

afbeelding 13 De uitslag van een gehoortest.






Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Geluidshinder

LEERDOELEN

13.4.1 Je kunt drie soorten maatregelen noemen die de overheid neemt tegen geluidshinder.
13.4.2 Je kunt van elke soort maatregel tegen geluidshinder een praktisch voorbeeld geven.
13.4.3 Je kunt uitleggen welke soorten materiaal je nodig hebt om geluid te absorberen of te weerkaatsen.
13.4.4 Je kunt uitleggen van welke twee dingen het afhangt of er gehoorschade ontstaat.
13.4.5 Je kunt twee manieren noemen om je gehoor te beschermen in een lawaaiige omgeving.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN												
	13.4.1	13.4.2	13.4.3	13.4.4	13.4.5	13.1.1*	13.1.2*	13.2.1*	13.2.2*	13.2.4*	13.3.5*	13.3.6*	13.3.7*
Onthouden		2abc	3ab	1ab	1c								
Begrijpen			4b	9b	8ab	4a				6a	5a	7d	
Toepassen				9ac, 5b, 6b, 7e			7f		7a	6c		7c	
Analyseren					5c			7b					7g

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Henk heeft z'n oortjes afgesteld op 90 dB. Dat is even luid als een trein die op 25 meter afstand langsrijdt. Wat denk jij, zou het geluid meteen schadelijk voor Henks gehoor zijn? En na verloop van tijd?

HINDERLIJK GELUID

Geluid kan heel hinderlijk zijn. Het is wel zo dat niet alle mensen daar even gevoelig voor zijn. Het geraas van verkeer, lawaai van vliegtuigen en geluidsoverlast van de buren ervaren veel mensen als hinderlijk.

Tegen geluidshinder kun je op verschillende manieren iets doen. In Nederland maakt de regering onderscheid tussen drie soorten maatregelen: bij de bron, in de overdracht en bij de ontvanger.

BIJ DE BRON

Om te beginnen kun je ervoor zorgen dat de geluidsbron minder lawaai produceert. Daarom worden snelwegen vaak geasfalteerd met geluidsarm asfalt. Soms is het mogelijk om het verkeer om te leiden of de rijsnelheid te beperken. Auto's kunnen een (elektrische) motor krijgen die minder geluid maakt. Bouwers van vliegtuigen moeten er ook voor zorgen dat hun vliegtuigmotoren zo weinig mogelijk lawaai maken.

IN DE OVERDRACHT

Als het niet lukt om de hoeveelheid geluid te beperken, kun je proberen om het geluid onderweg naar de ontvanger tegen te houden. Wegenbouwers brengen daarom langs snelwegen bij beperkte ruimte geluidsschermen of bij meer ruimte geluidswallen aan (afbeelding 1). Je kunt er ook voor kiezen om kantoren langs de snelweg te bouwen, als daar genoeg ruimte beschikbaar is. Zo'n kantoorgebouw houdt het geluid ook tegen.

BIJ DE ONTVANGER

Als andere maatregelen niet genoeg helpen, moet je maatregelen nemen bij de ontvanger. Je zorgt er dan voor dat het geluid minder gemakkelijk de huizen kan binnenkomen. Huizen die dicht bij een vliegveld of een weg staan, kun je bijvoorbeeld extra goed isoleren. Daardoor hebben de bewoners minder last van de herrie buiten, zolang ze de deuren en ramen maar goed dichthouden.



afbeelding 1 Hier zijn maatregelen in de overdracht genomen.

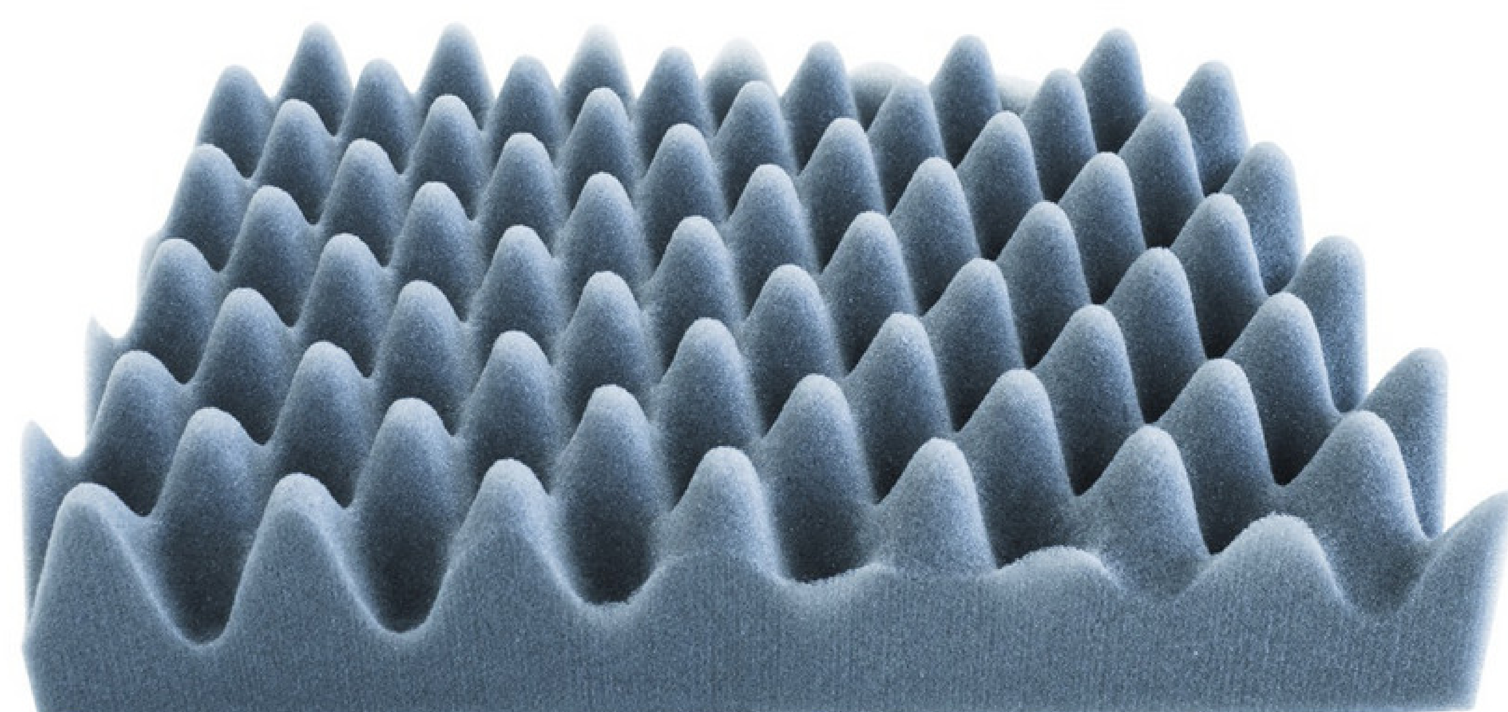
GELUIDSISOLATIE

Geluidshinder wordt vaak bestreden met **geluidsisolatie**. Een dikke laag isolatiemateriaal helpt niet alleen tegen warmteverlies, maar houdt ook geluid tegen. De geluidshinder vermindert ook als je gewoon dubbelglas vervangt door 'superisolerend' hr++-glas of hr+++-glas.

Als een machine op een harde vloer staat, kan ze de vloer makkelijk in trilling brengen. De trillingen kunnen door de vloeren en muren alle kanten op bewegen. Dit kan veel geluidshinder veroorzaken. Je kunt de machine van de vloer isoleren door haar op rubberen doppen te zetten. Het rubber dempt de trillingen. De trillingen in de vloer worden daardoor veel zwakker.

ABSORBEREN EN TERUGKAATSEN

Geluid kun je laten verdwijnen in een geluiddempend materiaal. Het geluid wordt dan **geabsorbeerd** door het materiaal. Materiaal dat geluid moet absorberen, is zacht en heeft een ribbelig oppervlak (afbeelding 2). Daarom wordt nopjesschuim veel als geluidsisolerend materiaal gebruikt. Ook een dikke aarden wal langs de snelweg is een voorbeeld van een geluidsabsorberende maatregel.



afbeelding 2 Geluidsabsorberend materiaal.

Soms is er niet genoeg ruimte voor een dikke aarden geluidswal. In zo'n geval is een **geluidsscherm** een goede oplossing. Zo'n scherm kaatst het geluid terug, net zoals een spiegel licht weerkaatst. Vaak wordt een geluidsscherm schuin neergezet, om het geluid schuin omhoog (of schuin omlaag) te weerkaatsen. Materiaal dat geluid moet terugkaatsen, is hard en heeft een glad oppervlak.

SCHADELIJK GELUID

Harde geluiden kunnen je gehoor beschadigen. Vanaf 80 dB is er kans op gehoorschade. Hoe groter de geluidssterkte, des te groter is de kans dat je gehoor wordt beschadigd (afbeelding 3). Geluid van 120 dB is veel schadelijker dan geluid van 90 dB.



afbeelding 3 Hard geluid is niet alleen onaangenaam; het is ook schadelijk.

Of je gehoor schade oploopt, hangt niet alleen af van de geluidssterkte. Ook de tijdsduur is van belang. Daarom is voor elk geluidsniveau een maximale luistertijd vastgesteld. Zolang je daarbinnen blijft, loopt je gehoor weinig risico. Geluid van 85 dB kan je gehoor 8 uur lang verdragen, maar bij 100 dB is dat nog maar 2 uur. Zie *BINAS* tabel 30 *Maximale blootstellingsduur.*

Je kunt het volume van je oortjes zelf regelen. Maar mensen die met lawaaierige machines werken, kunnen het geluid niet zomaar zachter zetten. Daarom moeten zij goed sluitende **oorkappen** of oordopjes dragen (afbeelding 4). Het geluid dat hun oren bereikt, wordt daardoor een stuk zwakker. Bezoekers van festivals dragen vaak oordopjes om het geluid te verzwakken.

Omdat je gehoor heel langzaam achteruitgaat, merk je dat in het begin niet. Op het moment dat je het wel merkt, is het meestal al te laat; het gehoor is dan al blijvend beschadigd. Als je je gehoor wilt beschermen, kun je daar het best tijdig mee beginnen, als er nog geen schade is.



afbeelding 4 Oorkappen beschermen je gehoor.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Harde geluiden kunnen je gehoor beschadigen. Vanaf .... is er kans op gehoorschade.

b Van welke twee factoren hangt het af of je gehoor schade oploopt?

....

....

....

c Om gehoorschade te voorkomen moeten mensen die in lawaaierige ruimten werken

.... of .... dragen.

2 Tegen geluidshinder kun je op verschillende manieren iets doen.
Geef een voorbeeld van een maatregel:

a bij de bron

....

....

....

b in de overdracht

....

....

c bij de ontvanger

....

....

3 Noteer twee eigenschappen van een materiaal:

a dat geluid moet absorberen

....

....

....

b dat geluid moet weerkaatsen

....

....

....

TOEPASSING

4 Jaap woont op de zevende verdieping van een flatgebouw. Als hij op zijn (elektrisch versterkte) basgitaar speelt, kun je dat op de eerste verdieping van het flatgebouw nog horen.

a Hoe komt het geluid uit zijn basluidspreker op de eerste verdieping terecht?

....

....

b Jaaps basversterker met luidspreker staat op vier dikke rubberen doppen (afbeelding 5). Zijn onderburen hebben daardoor minder last van zijn gitaarspel. Leg uit op welke manier de rubberen doppen de geluidshinder tegengaan.

....

....

....



afbeelding 5 Jaaps basversterker met onderin, achter het frontje, een grote basluidspreker.

5 Je kunt de sterkte van het geluid meten in dB, dan staat het A-filter uit. Je kunt de geluidssterkte ook meten in dB(A), dan staat het A-filter aan. Het hangt van het doel van de meting af welke eenheid je gebruikt.

a Waarom wordt de eenheid dB(A) gebruikt als het erom gaat hoe groot de geluidsoverlast is?

....

....

....

b Waarom wordt de eenheid dB gebruikt als het erom gaat hoe groot de kans is op gehoorschade?

....

....

6 Op een website staat een nieuwsbericht. Rotterdamse jongeren veroorzaken soms veel geluidsoverlast en daar wil de gemeente iets tegen doen met Mosquito's (afbeelding 6). In de handleiding van de Mosquito staat een diagram van de frequenties die je bij een bepaalde leeftijd kunt horen. Zie afbeelding 7.

a Wat voor geluid moet een Mosquito maken om jongeren tussen 10 en 19 jaar te verdrijven? Geef je antwoord in kHz.

....

b Of het geluid door jongeren wordt gehoord, hangt niet alleen af van de frequentie van het geluid.
Van welke grootheid hangt het nog meer af of jongeren het geluid van een Mosquito kunnen horen?

....

....

c Volgens de fabrikant van de Mosquito storen kinderen tussen 0 en 9 jaar zich niet aan het geluid.
Leg aan de hand van het diagram uit of de bewering van de fabrikant klopt.

....

....

....

....

....

d Het gebruik van de Mosquito is een maatregel tegen geluidsoverlast door jongeren.
Dit is een maatregel *bij de bron* / *in de overdracht* / *bij de ontvanger*.

afbeelding 6 Burgemeester neemt maatregelen tegen geluidsoverlast.

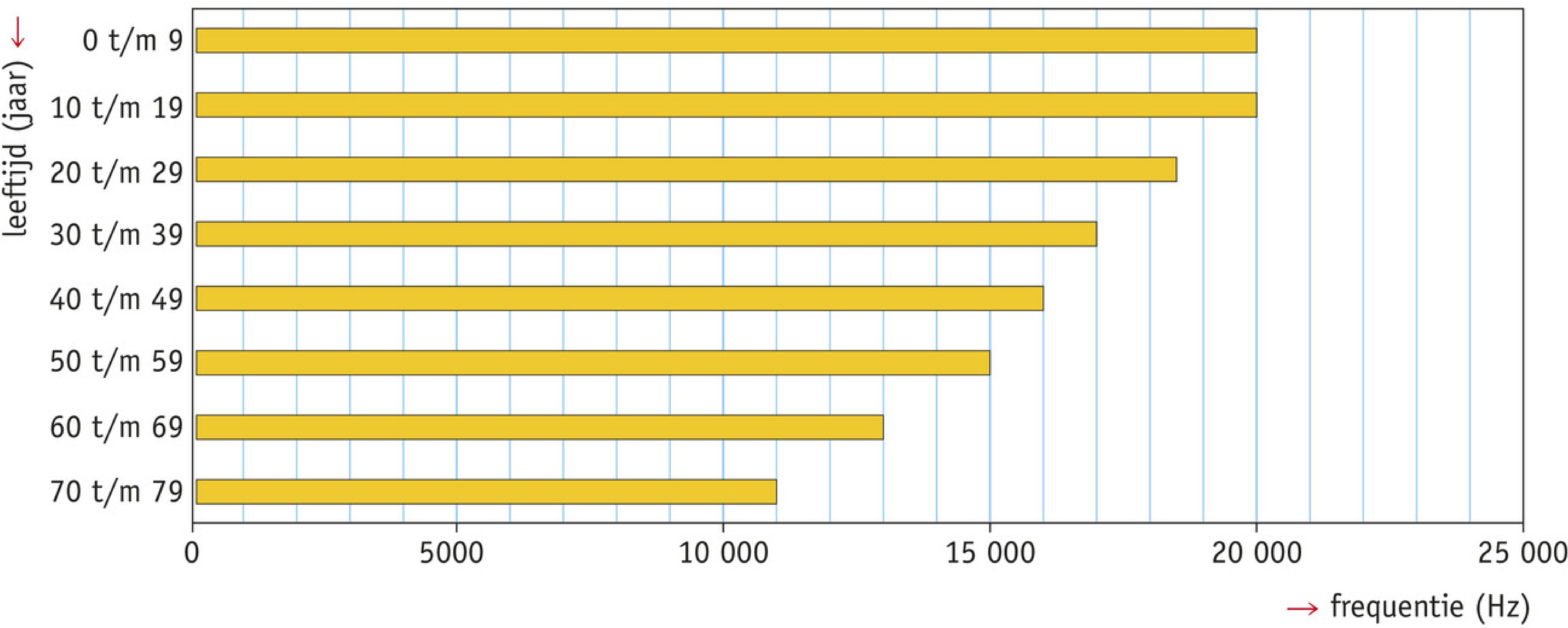
Extra Mosquito's tegen luidruchtige hangjongeren

De gemeente Rotterdam gaat verspreid over de stad zo'n 15 nieuwe Mosquito's plaatsen. Deze kastjes zenden een hoge zoemtoom uit die over het algemeen alleen hoorbaar is voor jongeren tot 25 jaar. De apparaatjes worden ingezet op plekken waar buurtbewoners last hebben van hangjongeren.

Volgens burgemeester Aboutaleb heeft hij in de afgelopen maanden veel verzoeken gekregen voor het plaatsen van Mosquito's. Een deel van die verzoeken wijst hij af. "De Mosquito zal niet worden ingezet om jongeren overdag van een plein te weren. Wel wil ik het aantal Mosquito's uitbreiden om omwonenden van pleintjes en hofjes waar nu in de late uren veel overlast van jongeren is, nachtrust te gunnen."

bron: nos.nl, 28 juli 2021





afbeelding 7 Frequentiebereik bij verschillende leeftijden.

7 Hulpdiensten zoals de politie hebben een sirene die twee tonen maakt. Ria heeft op haar smartphone een app waarmee ze de geluidssignalen zichtbaar kan maken. In afbeelding 8 zie je een afbeelding van het scherm met één van de twee tonen.

a Bereken de frequentie van deze toon.

....

....

....

....

....

....

....

b De tweede toon van de sirene klinkt lager en even luid.
Wat verandert er aan het signaal op het scherm bij de lagere toon?
- ○ A Er is een grotere amplitude.
- ○ B Er is een kleinere amplitude.
- ○ C Er zijn meer trillingen.
- ○ D Er zijn minder trillingen.

c De sirene maakt overdag een geluid van 100 dB. ’s Nachts is het geluidsniveau 10 dB minder.
Waarom moet de sirene van een hulpdienst overdag meer geluid maken dan ’s nachts?

....

....

....

....

d In welke zone van gehoorgevoeligheid valt het geluid dat de sirene ’s nachts maakt?
- ○ A hinderlijk
- ○ B zeer hinderlijk
- ○ C zeer luid
- ○ D extreem luid

e Vergelijk geluid van 100 dB met geluid van 90 dB.
Wat is juist over de maximale blootstellingsduur aan geluid van 100 dB?
- ○ A Die is 2× zo groot.
- ○ B Die is 2× zo klein.
- ○ C Die is 4× zo groot.
- ○ D Die is 4× zo klein.

f Gebruik *BINAS* tabel 27 *Voortplantingssnelheid van geluid in enkele stoffen*.
Een hulpdienst rijdt overdag met sirene aan. Door het drukke verkeer staat de hulpdienst even stil. Ria staat op een afstand van 250 m van de hulpdienst. De temperatuur is 288 K (15 °C).
Bereken de tijd die het geluid van de sirene erover doet om Ria te bereiken.

....

....

....

....

....

g Op haar smartphone leest Ria een geluidsniveau van 62 dB af.
Voor het geluidsniveau geldt:
Bij een verdubbeling van de afstand neemt het geluidsniveau met 6 dB af.
Bereken op welke afstand het geluidsniveau van de sirene 44 dB is.

....

....

....

....

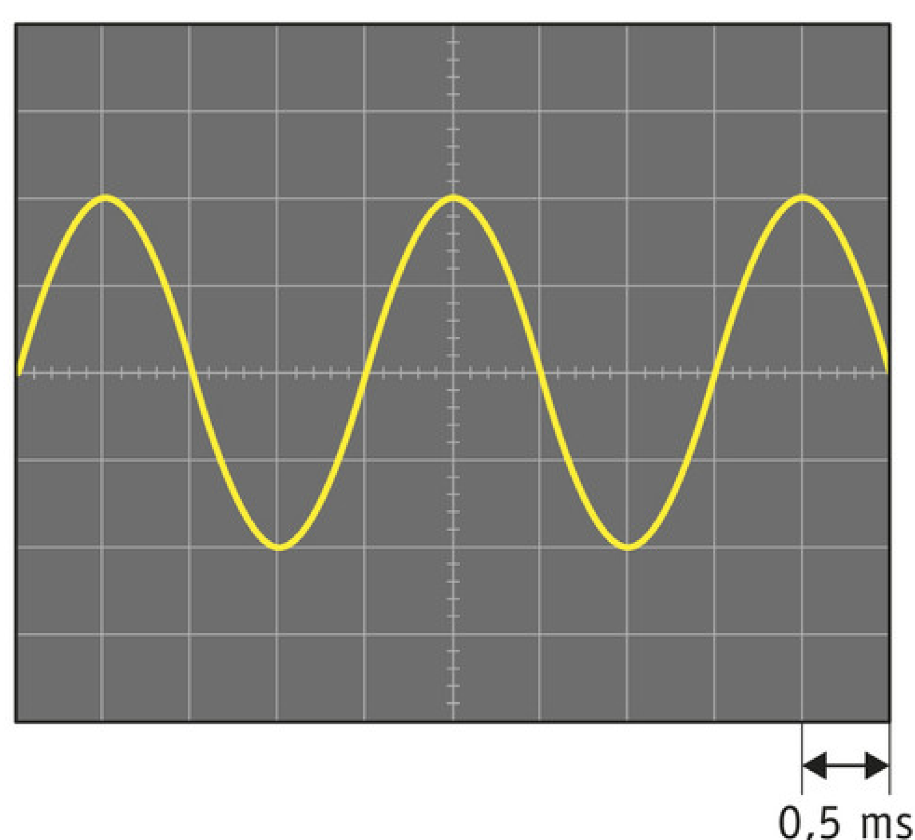
....

....

....

....

naar: examen 2021-I



afbeelding 8 Het signaal op het scherm van Ria's smartphone.

8 Mensen die tijdens hun werk blootstaan aan harde geluiden, moeten hun gehoor beschermen. Eén manier om dat te doen, is het dragen van oorkappen. In afbeelding 9 zie je met hoeveel decibel het geluid dan wordt verzwakt.

a Hoe groot is de frequentie van het geluid dat het meest wordt verzwakt?

....

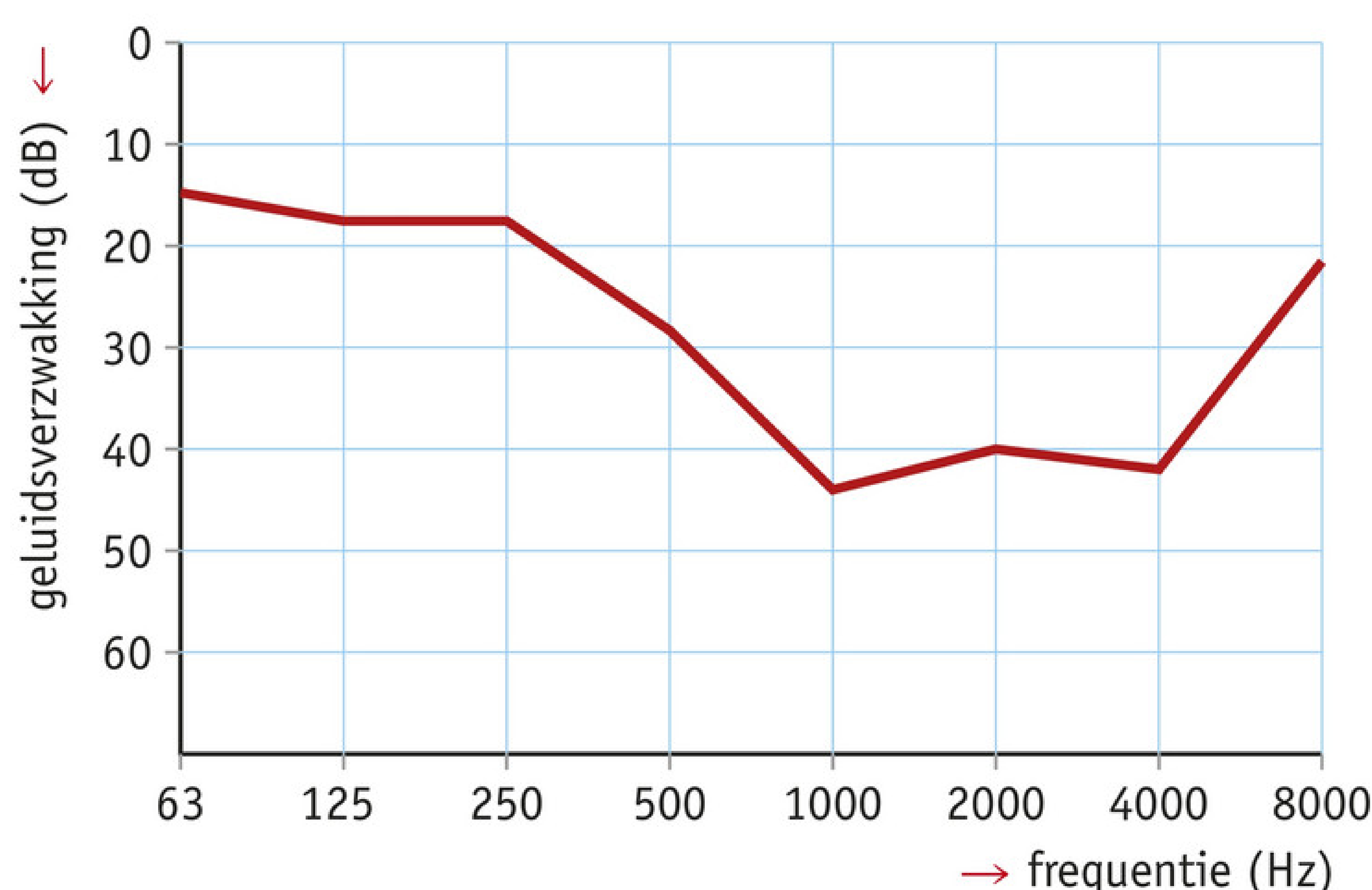
b Met hoeveel decibel wordt de geluidssterkte bij die frequentie verminderd?

....

c Iemand met oorkappen op kan je redelijk verstaan als je praat.
Leg uit hoe dat kan.

....

....



afbeelding 9 Oorkappen verzwakken het geluid.

9 Met oortjes kun je naar je eigen muziek luisteren, zonder dat andere mensen daar last van hebben. Als je de muziek op zijn hardst zet, kan de geluidssterkte in je oren oplopen tot 95 dB.

a Leg uit of deze geluidssterkte schadelijke gevolgen kan hebben voor je gehoor.

....

....

b Gebruik *BINAS* tabel 30 *Maximale blootstellingsduur.*
Hoelang kunnen je oren een geluidssterkte van 95 dB op zijn hoogst verdragen?

....

c Verkeersdeskundigen raden mensen aan om hun oortjes uit te doen, als ze op de fiets of e-bike stappen.
Welke reden zullen ze daarvoor hebben?

....

....



Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 DE FREQUENTIE VAN EEN TRILLING

20 minuten

Inleiding

Een geluidsbron die hoorbaar geluid produceert, heeft een frequentie van minstens 20 Hz. Dat betekent dat je het aantal trillingen niet zomaar kunt tellen. Daarvoor is speciale meetapparatuur nodig, zoals een oscilloscoop. Bij deze proef maak je kennis met een trilling die veel langzamer is. Het aantal trillingen is daardoor gemakkelijk te tellen.

Doel

Je bepaalt de frequentie van een trillend zaagblad. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe groot is de frequentie van deze trilling?

Nodig

- ☐ statiefmateriaal
- ☐ zaagblad
- ☐ gewichtje van 50 g
- ☐ stopwatch

Uitvoeren en uitwerken

- Maak het zaagblad vast aan het statief (afbeelding 1).
- Bevestig een gewichtje van 50 g aan het uiteinde van het zaagblad.



afbeelding 1 De opstelling van proef 1.

- Breng het zaagblad in trilling.
- Meet met de stopwatch de tijd die nodig is voor 10 trillingen.

1 Zet de uitkomst van je meting in tabel 1.

tabel 1 De meetresultaten van proef 1.

meting	tijd voor 10 trillingen (s)
1	
2	
3	
gemiddelde	

- Herhaal deze meting nog twee keer.

2 Noteer de meetresultaten in tabel 1.

3 Bereken het gemiddelde van de drie metingen. Rond de uitkomst af op één decimaal en noteer die in tabel 1.

4 Bereken de trillingstijd. Dit is de tijd die nodig is voor één trilling.

....

....

....

....

5 Bereken hoeveel trillingen het zaagblad per seconde uitvoert. Dit noem je de frequentie van de trilling.

....

....

....

....

PROEF 2 DE FREQUENTIE VAN EEN MUZIEKINSTRUMENT

50 minuten

Inleiding

Een toon van een muziekinstrument is een ingewikkelde trilling die steeds wordt herhaald. Bij deze proef bepaal je de frequentie van een aantal van die tonen. Je kunt daarvoor het best een muziekinstrument gebruiken waarop je een toon lang kunt aanhouden. Geschikte instrumenten zijn een dwarsfluit, keyboard, saxofoon en accordeon.

Doel

Je bepaalt de frequentie met behulp van een oscilloscoop. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe groot is de frequentie van (minstens) drie verschillende tonen?

Nodig

- ☐ oscilloscoop (of computer met meetapparatuur)
- ☐ microfoon
- ☐ een muziekinstrument
- ☐ fototoestel

Uitvoeren

Je doet deze proef met z'n tweeën.

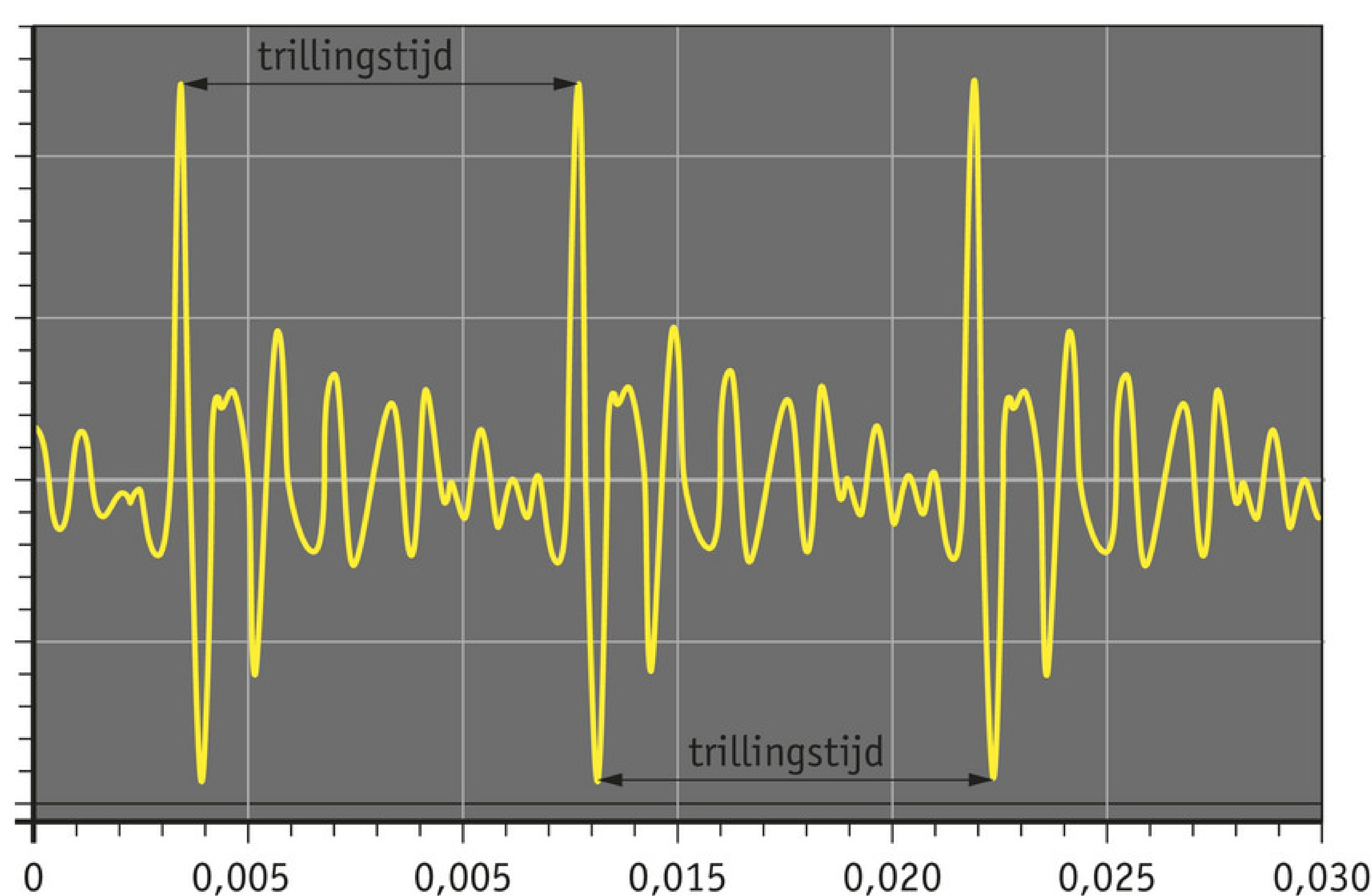
- Sluit de microfoon aan op de oscilloscoop.
- Leerling 1 speelt een lang aangehouden toon. Leerling 2 kijkt naar het scherm en stelt de tijdbasis en de gevoeligheid in.
- Probeer verschillende instellingen uit tot je een mooi beeld op je scherm krijgt.
- Maak een foto van de trilling op het scherm.
- Herhaal de meting met twee andere tonen. Maak een foto van elke trilling.

1 Noteer welke tijdbasis je hebt ingesteld:

- bij meting 1: ....
- bij meting 2: ....
- bij meting 3: ....

Uitwerken

2 Bekijk de drie foto's die je hebt gemaakt.
Geef net als in afbeelding 2 in elke foto aan hoelang één trilling duurt.



afbeelding 2 Zo kun je de trillingstijd bepalen.

3 Lees uit elke foto af hoeveel milliseconden (ms) één trilling duurt.

- bij meting 1: *T* = ...
- bij meting 2: *T* = ...
- bij meting 3: *T* = ...

4 Bereken met behulp van je antwoorden op opdracht 3:

a de frequentie van de eerste toon

....

....

....

....

b de frequentie van de tweede toon

....

....

....

....

c de frequentie van de derde toon

....

....

....

....

5 Maak een verslag van deze proef en lever het in bij je leraar.

De volgende twee proeven staan in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proeven worden uitgevoerd.

PROEF 3 HET VERBAND TUSSEN AFSTAND EN GELUIDSSTERKTE

30 minuten

Doel

De geluidssterkte hangt af van de afstand tot de geluidsbron. Hoe verder je bij een geluidsbron vandaan beweegt, des te zwakker is het geluid dat je hoort. De afstand tot de geluidsbron heeft dus duidelijk invloed op de geluidssterkte die je waarneemt. Maar hoe ziet dat verband er precies uit?
Dat onderzoek je bij deze proef. De onderzoeksvraag luidt:
Hoe ziet het verband tussen de afstand en de geluidssterkte eruit?

PROEF 4 ONDERZOEK: DE TRILLING VAN EEN WIJNGLAS

60 minuten

Doel

Een wijnglas produceert een hoge toon als je met een natte vinger over de rand wrijft. Zo'n toon lijkt op die van een stemvork.
Dit kun je onderzoeken door de oscilloscoopbeelden met elkaar te vergelijken. De onderzoeksvraag luidt:
Waarin verschilt het oscilloscoopbeeld van een trillend wijnglas van dat van een trillende stemvork?

PROEF 5 ONDERZOEK: DE GELUIDSSTERKTE VAN OORTJES

60 minuten

Inleiding

Veel jongeren gebruiken oortjes om naar muziek te luisteren. Daarbij staat het geluid vaak 'goed hard'. Of staat het geluid juist 'slecht hard'? Hoe groot is de kans op gehoorschade? In tabel 2 staat hoeveel uur je naar muziek kunt luisteren, zonder dat je gehoor wordt beschadigd. Let op: dit is een schatting van deskundigen. Er zijn ook mensen die deze normen te soepel vinden.

tabel 2 De geluidssnelheid in lucht.

gemiddelde geluidssterkte (dB)	maximale luistertijd (uren per week)
80	40
83	20
86	10
89	5
91	2,5
94	1,25
enzovoort	enzovoort

Doel

Meet bij minimaal tien medeleerlingen hoe hard hun oortjes staan. Vraag hoeveel uur ze die dopjes gemiddeld per week gebruiken. De onderzoeksvraag luidt:
Hoeveel risico lopen jouw klasgenoten (en loop jezelf) om gehoorschade op te lopen?

Uitvoeren en uitwerken


Zie de vaardigheid *Een onderzoek doen*.

- Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.


1 Zie de vaardigheid *Een onderzoeksverslag maken.*
Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Leerstofoverzicht

13.1 GELUIDSBRONNEN

ONTHOUD

- Geluid wordt geproduceerd door geluidsbronnen die de omringende lucht in trilling brengen. Via de lucht of een andere tussenstof bereiken die trillingen je oren.
- Een luidspreker bestaat uit een magneet, een spoel en een dun cirkelvormig vel, de conus. De spoel wordt aangesloten op een elektrisch signaal. Hierdoor wordt de spoel een elektromagneet met polen die steeds omwisselen. Dat heeft tot gevolg dat de magneet de spoel afwisselend aantrekt en afstoot. De spoel gaat hierdoor heen en weer bewegen. De conus die aan de spoel vastzit, beweegt mee en brengt zo de lucht rond de luidspreker in trilling.
- Je kunt de afstand die het geluid in een bepaalde tijd aflegt, berekenen met de formule $s = v_{geluid} \cdot t$. In deze formule is v_{geluid} de geluidssnelheid in de stof waar het geluid doorheen beweegt. De geluidssnelheid in lucht met een temperatuur van 293 K is 343 m/s.
- Als geluid wordt weerkaatst, hoor je een echo. De echo komt altijd na het directe geluid, omdat het weerkaatste geluid een langere weg aflegt.
- Een echolood bepaalt de diepte van de zee met korte geluidspulsen. Het apparaat meet de tijd waarin een puls naar de zeebodem beweegt en weer terug naar het schip. Met die tijd en de geluidssnelheid in zeewater berekent het echolood automatisch de diepte van de zee.

BEGRIPPEN

conus
Dun cirkelvormig vel waarmee een luidspreker de omringende lucht in trilling brengt.

drukverandering
Verandering van de druk in een stof; geluid bestaat uit snelle drukveranderingen die door een tussenstof heen bewegen.

echo
Geluid dat je hoort nadat het is teruggekaatst; je hoort de echo altijd later dan het directe geluid.

echolood
Instrument aan boord van een schip dat met weerkaatst geluid de diepte van de zee meet.

geluidsbron
Voorwerp dat drukveranderingen in een tussenstof veroorzaakt, doordat het voortdurend heen en weer beweegt (trilt).

geluidssnelheid
Snelheid van het geluid in een stof.

tussenstof
Stof zoals lucht of water, waardoor geluid kan bewegen van geluidsbron naar ontvanger.

13.2 TOONHOOGTE

ONTHOUD

- Je kunt de trillingstijd van een toon aflezen op het scherm van een oscilloscoop. Stel bijvoorbeeld dat er voor één trilling vier hokjes nodig zijn en dat de tijdbasis is ingesteld op 2 ms/div. Dan is de trillingstijd 4 × 2 ms = 8 ms.
- Je kunt de frequentie f van een trilling berekenen met de formule: $f = \frac{1}{T}$
  Andersom kun je de trillingstijd T berekenen met de formule: $T = \frac{1}{f}$
- Hoe hoger de frequentie van een geluidstrilling, des te hoger is de toon die je hoort. Een toon van 50 Hz is een lage bastoon, een toon van 10 000 Hz is een hoge pieptoon.
- Als je een luidspreker aansluit op een toongenerator, klinkt er een toon. Je kunt de frequentie en de amplitude van die toon zelf instellen. Zo kun je onderzoeken welke frequenties iemand wel kan horen en welke niet.
- Het gehoorbereik van jonge mensen loopt van circa 20 Hz tot 20 000 Hz. 20 Hz is de ondergrens, 20 000 Hz is de bovengrens.
- De toonhoogte (en dus ook de frequentie) van een snaar wordt bepaald door (a) de spanning van de snaar; (b) de doorsnede van de snaar; (c) de lengte van de snaar.

BEGRIPPEN

frequentie
Aantal trillingen per seconde.

frequentiebereik
Reeks frequenties die een mens of een dier kan horen, van de laagste tot aan de hoogste hoorbare toon.

oscilloscoop
Apparaat dat een elektrisch signaal (bijvoorbeeld van een microfoon) op een beeldscherm afbeeldt: horizontaal de tijd, verticaal de amplitude.

toongenerator
Apparaat dat een elektrisch signaal produceert met een regelbare frequentie. Als je een luidspreker op dat signaal aansluit, hoor je een toon met dezelfde frequentie.

trillingstijd
Tijdsduur van één trilling.

13.3 GELUIDSSTERKTE

ONTHOUD

- De amplitude is de maximale uitwijking van een trilling. Hoe groter de amplitude van een geluidstrilling, des te groter is de geluidssterkte.
- Je kunt de amplitude van een elektrisch signaal aflezen op het scherm van een oscilloscoop. Stel bijvoorbeeld dat een trilling drie hokjes hoog is en de gevoeligheid staat ingesteld op 5 mV/div. Dan is de amplitude 3 × 5 mV = 15 mV.
- Een decibelmeter heeft een knop waarmee je het A-filter kunt in- of uitschakelen. Met ingeschakeld A-filter kun je de geluidssterkte aflezen in dB(A). Met uitgeschakeld A-filter kun je de geluidssterkte aflezen in dB.
- Als je wilt weten hoe mensen de hoeveelheid geluid ervaren, gebruik je de dB(A)-schaal. Zo kun je meten hoe groot de geluidshinder voor hen is. Als je wilt weten hoe groot de hoeveelheid geluid is, gebruik je de dB-schaal. Zo kun je meten hoe groot de kans op gehoorschade is.
- De gehoordrempel geeft de grens aan van wat je nog net kunt horen: boven de gehoordrempel kun je geluiden wel horen, onder de gehoordrempel hoor je geluiden niet meer.
- De pijngrens geeft aan wanneer geluid pijn gaat doen aan je oren: boven de pijngrens doet geluid pijn aan je oren.
- Als het aantal geluidsbronnen verdubbelt, neemt de geluidssterkte toe met 3 dB. Deze rekenregel geldt alleen voor geluidsbronnen die (ongeveer) evenveel geluid maken, zoals zingende mensen.

BEGRIPPEN

A-filter
Filter op een decibelmeter dat de meter minder gevoelig maakt voor lage en erg hoge tonen; zo kun je beter meten hoe mensen de hoeveelheid geluid ervaren.

amplitude
Grootste uitwijking van een trilling. Als een elektrisch signaal (een wisselspanning) heen en weer golft tussen 2,5 mV en −2,5 mV, zeg je dat de amplitude van het signaal 2,5 mV is.

decibel
Eenheid van geluidssterkte (geluidsniveau).

decibelmeter
Meter waarmee je de geluidssterkte (het geluidsniveau) meet.

dB(A)
Eenheid van geluidssterkte voor metingen met ingeschakeld A-filter.

gehoordrempel
Geluidssterkte die de grens aangeeft van wat je kunt horen: boven de gehoordrempel kun je geluiden wel horen, onder de gehoordrempel hoor je geluiden niet.

pijngrens
Geluidssterkte die aangeeft wanneer geluid pijn gaat doen aan je oren: boven de pijngrens doet geluid pijn aan je oren.

13.4 GELUIDSHINDER

ONTHOUD

- Je kunt geluidshinder op verschillende plaatsen bestrijden:

plaats	**voorbeeld**
bij de bron	geluidsarm asfalt
in de overdracht	geluidsscherm langs een snelweg
bij de ontvanger	geluidsisolatie van huizen

- Je kunt geluidsoverlast voorkomen door huizen te isoleren met een dikke laag geluiddempend materiaal. Materiaal dat geluid moet absorberen, is zacht en heeft een ribbelig oppervlak.
- Een geluidsscherm is ontworpen om geluid te weerkaatsen. Materiaal dat geluid moet weerkaatsen, is hard en heeft een glad oppervlak.
- Je gehoor kan door harde geluiden beschadigd worden. Of dat gebeurt hangt van twee dingen af: (a) de geluidssterkte van het geluid; (b) de duur dat je gehoor aan het geluid wordt blootgesteld.
- Je kunt je gehoor beschermen tegen harde geluiden met oorkappen of oordopjes die het geluid verzwakken.

BEGRIPPEN

absorberen
Dempen van de trillingen van een geluid, zodat het geluid snel zwakker wordt.

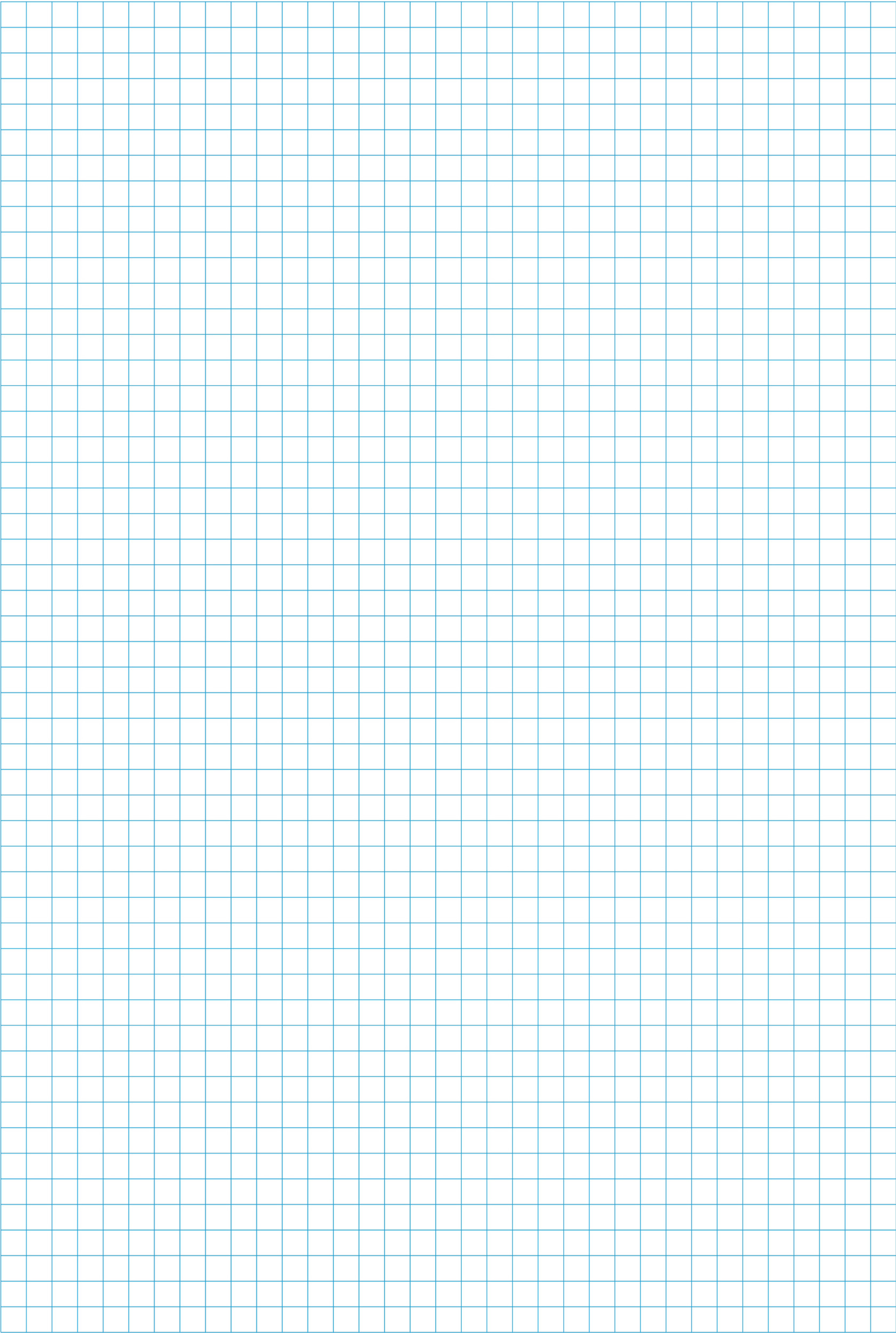
geluidsisolatie
Materiaal dat wordt aangebracht om geluid te absorberen (dempen).

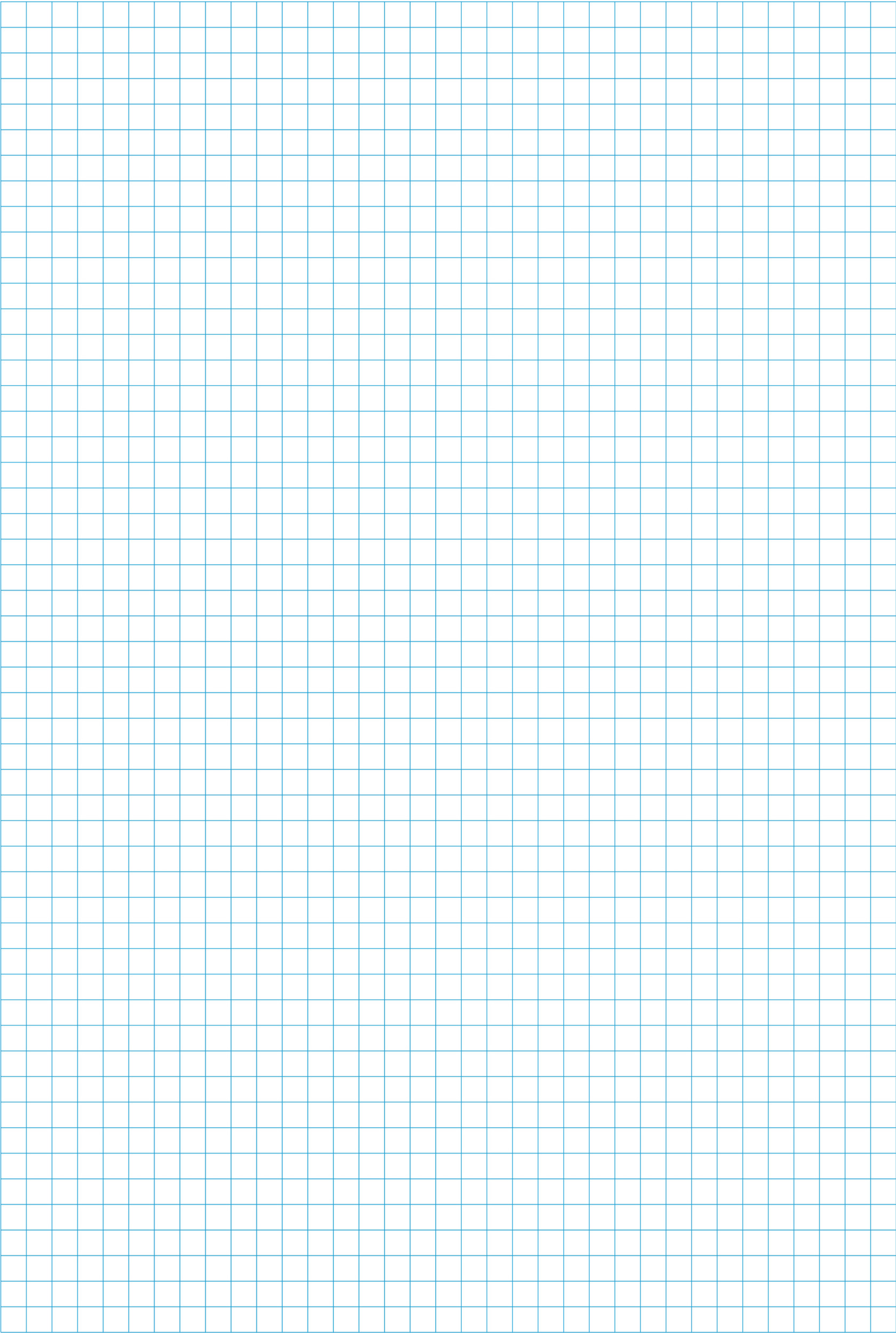
geluidsscherm
Muur van hard en glad materiaal dat geluid goed terugkaatst.

oorkappen
Beugel met twee halfronde kappen die de oren helemaal bedekken.



Ga naar de *Flitskaarten*.





14

Werktuigen

WERKTUIGEN GEBRUIKEN

Een band van de velg lichten, een noot kraken, je nagels knippen, een moer losdraaien, een auto opkrikken, een zeil hijsen: in al die situaties gebruik je een werktuig om kracht uit te oefenen. Dankzij werktuigen kun je dingen doen, die je met je blote handen onmogelijk voor elkaar kunt krijgen.



Wat weet je al over krachten en hefbomen?

LEERDOELEN

1 Je kunt de krachten benoemen die in een gegeven situatie op een voorwerp werken.
2 Je kunt het draaipunt van een hefboom aanwijzen in een foto of een tekening.
3 Je kunt uitleggen wat bij een hefboom wordt bedoeld met de werkkracht en de last.
4 Je kunt een kracht tekenen als een vector, volgens een gegeven krachtenschaal.
5 Je kunt de zwaartekracht berekenen die op een voorwerp werkt.

In hoofdstuk 3 van Nova nask 1 leerjaar 3 en in hoofdstuk 10 van dit leerjaar heb je al een aantal dingen over krachten en hefbomen geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Noteer drie soorten krachten.

....

....

2 Geef in afbeelding 1 het draaipunt van de combinatietang aan met een rode stip.



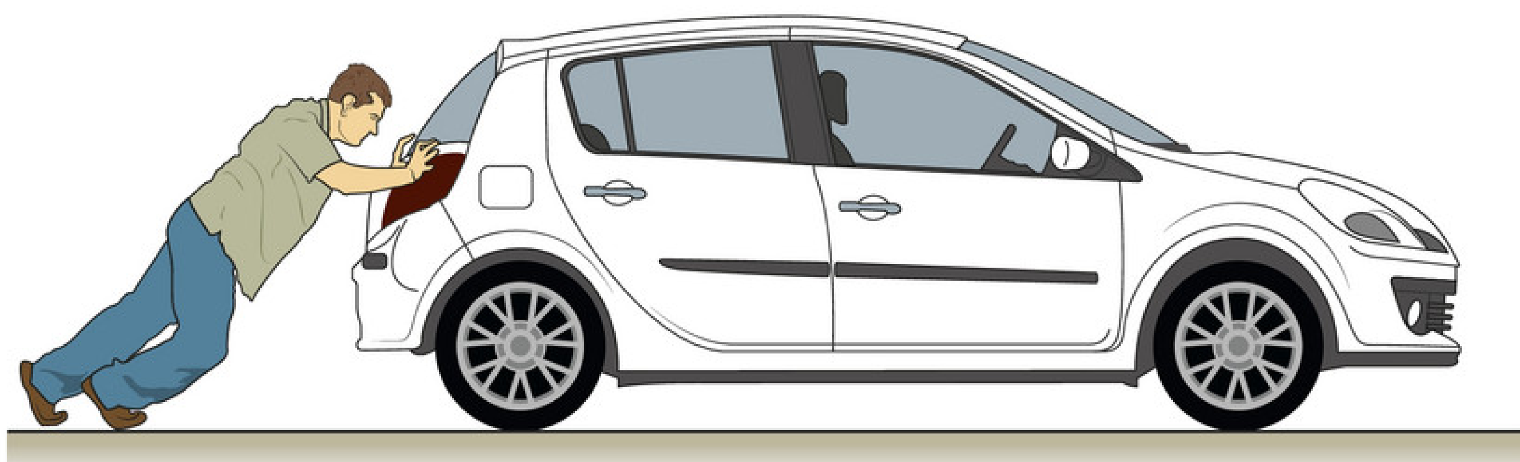
afbeelding 1 Een combinatietang is een hefboom.

3 Met een flessenopener kun je gemakkelijk een kroonkurk van een fles afhalen (afbeelding 2). De flessenopener werkt daarbij als een hefboom.
De kracht die via de hefboom op de kroonkurk wordt uitgeoefend is de *last* / *werkkracht*.



afbeelding 2 Met een flessenopener haal je een kroonkurk van een fles.

4  Ruben duwt zijn auto een klein stukje vooruit (afbeelding 3). Zijn spierkracht is 450 N.
Teken de kracht die Ruben op de auto uitoefent. Gebruik een krachtenschaal van
1 cm ≙ 150 N.



afbeelding 3 Ruben duwt zijn auto een klein stukje vooruit.

5 Jeltje staat op een weegschaal (afbeelding 4).
Hoe groot is de zwaartekracht die op Jeltje werkt?



afbeelding 4 Jeltje staat op de weegschaal.

 **Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.**

1 Werken met hefbomen

LEERDOELEN

14.1.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het moment van een kracht.
14.1.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met het moment, de kracht en de arm.
14.1.3 Je kunt uitleggen waar het van afhangt of een hefboom in evenwicht is.
14.1.4 Je kunt krachten en armen berekenen met behulp van de momentenwet.
14.1.5 Je kunt herkennen of een werktuig een enkele of een dubbele hefboom is.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	14.1.1	14.1.2	14.1.3	14.1.4	14.1.5	10.1.3*	10.1.5*
Onthouden	1bc	2	1ad		3		
Begrijpen		4a	5abc, 9b				
Toepassen		4b, 9a	5d	6b, 7c		7b	6ac, 7a
Analyseren		9c	8				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

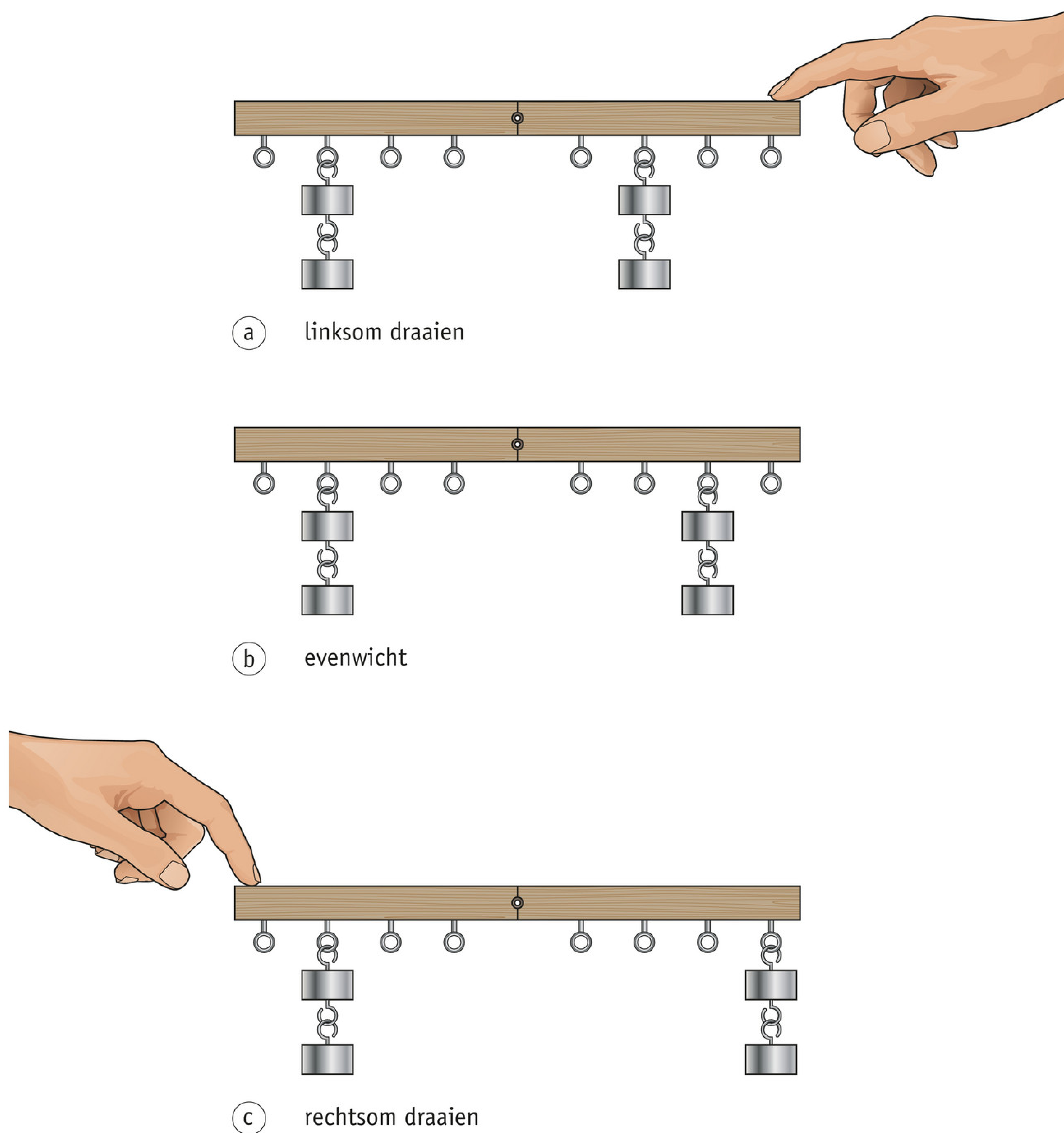
Om dikke takken door te knippen, zijn er speciale snoeischaren met extra lange handvatten. Ze zien er niet heel handig uit. Welk voordeel hebben zulke lange handvatten?

EEN EENVOUDIGE HEFBOOM

In afbeelding 1 zie je een eenvoudige hefboom.

- In situatie a is de hefboom niet in evenwicht. Als je hem loslaat, draait hij linksom, tegen de wijzers van de klok in.
- In situatie b is de hefboom in evenwicht.
- In situatie c is de hefboom niet in evenwicht. Als je hem nu loslaat, draait hij rechtsom, met de wijzers van de klok mee.

afbeelding 1 Een hefboom in drie situaties.



De krachten op de hefboom zijn steeds even groot. Het aantal gewichtjes verandert niet. Toch zegt dat nog niet dat er evenwicht is. Het maakt ook uit waar de krachten werken. Of er evenwicht is, hangt af van twee dingen: de grootte van de krachten en de afstand tussen de krachten en het **draaipunt**.

HET MOMENT VAN EEN KRACHT

De grootte van een kracht en de afstand tot het draaipunt kun je combineren tot één begrip: het **moment** van de kracht:

het moment = de grootte van de kracht × de lengte van de arm

Of in symbolen:

$$M = F \cdot l$$

In deze formule is:

- M het moment in newtonmeter (Nm);
- F de grootte van de kracht in newton (N);
- l de lengte van de arm in meter (m).

De **arm** *l* is de afstand tussen de **werklijn** van de kracht en het draaipunt van de hefboom. In afbeelding 2 kun je zien hoe de arm wordt gemeten: loodrecht op de werklijn van de kracht. De arm is vaak korter dan de afstand tussen het draaipunt en het aangrijpingspunt van de kracht (gemeten langs de hefboom).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Bekijk afbeelding 2a.
Bereken het moment van de kracht *F* (ten opzichte van het draaipunt P).

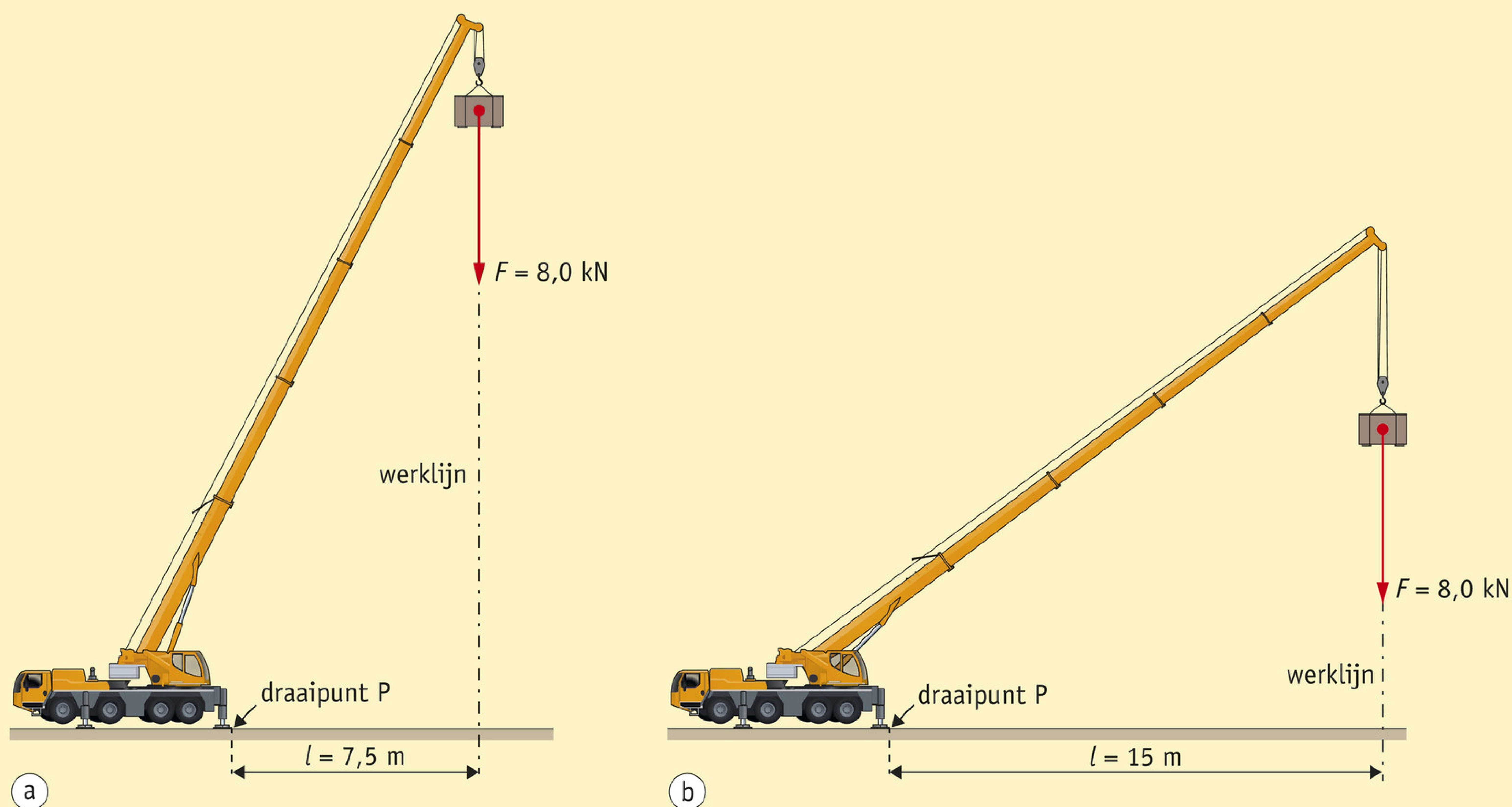
gegevens F = 8,0 kN = 8000 N
l = 7,5 m

gevraagd M = ? kNm

uitwerking $M = F \cdot l = 8000 \times 7{,}5 = 60\,000$ Nm = 60 kNm

Zo kun je ook het moment van de kracht in afbeelding 2b berekenen. Doordat de arm twee keer zo lang is, is het moment twee keer zo groot: 120 kNm.

afbeelding 2 Als de giek wordt gekanteld, verandert de arm en dus ook het moment.



DE MOMENTENWET

PROEF 1+2

Op de hefboom in afbeelding 1 werken links en rechts twee krachten. Of de hefboom in evenwicht is, hangt af van de momenten van deze krachten. Er is evenwicht als het moment van kracht F_1 (linksom) even groot is als het moment van kracht F_2 (rechtsom).

Algemeen geldt:

Een hefboom is in evenwicht, als de som van de momenten linksom gelijk is aan de som van de momenten rechtsom.

Of in symbolen:

$M_1 + M_2 + \dots$ (linksom) $= M_1 + M_2 + \dots$ (rechtsom)

Deze regel wordt de **momentenwet** genoemd.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Lotte doet een proef met een hefboom. Ze hangt drie gewichtjes onder elkaar op, op 8 cm van het draaipunt P (afbeelding 3). Op elk gewichtje werkt een zwaartekracht van 0,2 N. Bereken waar ze de twee gewichtjes rechts moet ophangen om evenwicht te maken.

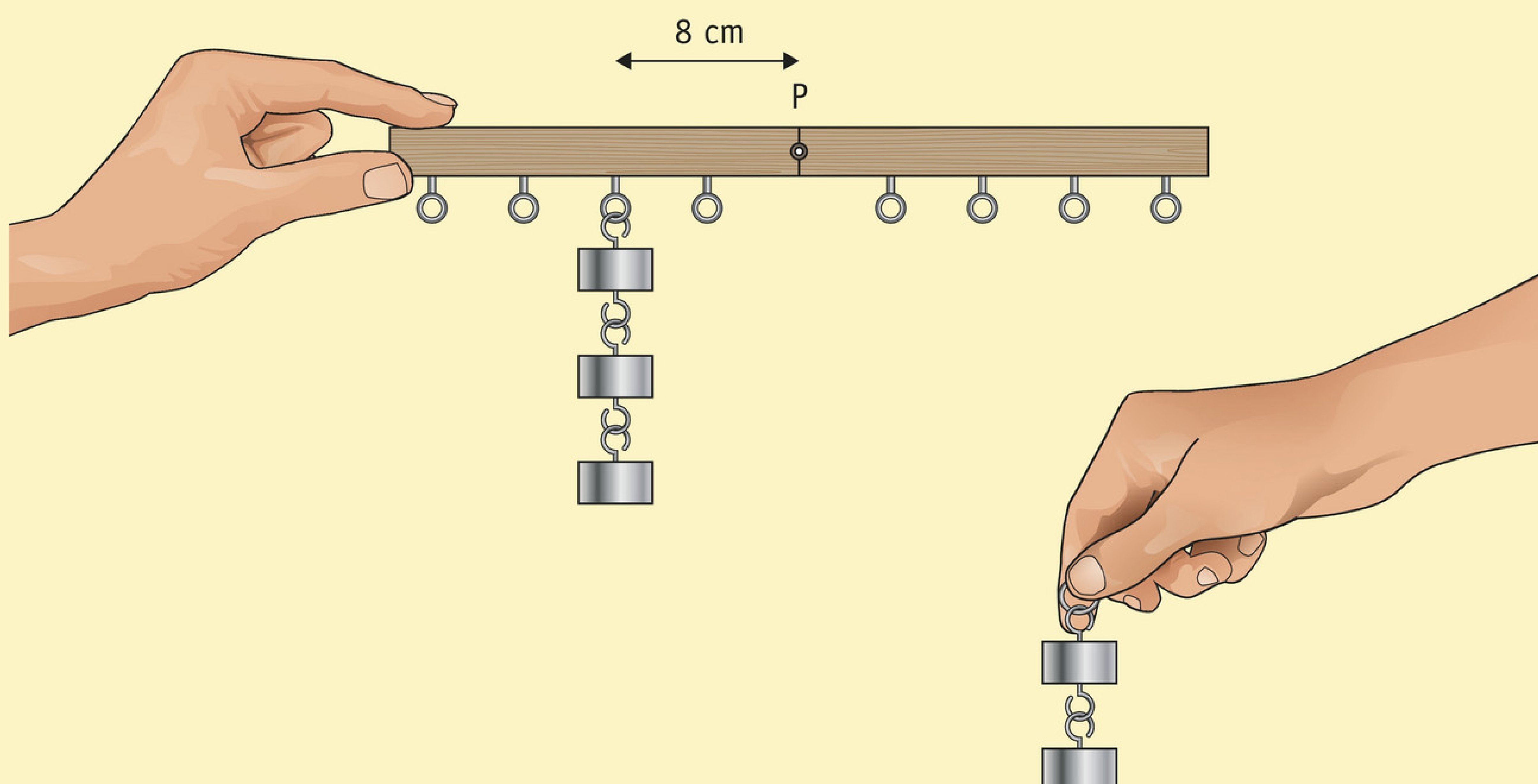
gegevens $F_1 = 3 \times 0{,}2 = 0{,}6$ N $F_2 = 2 \times 0{,}2 = 0{,}4$ N
$l_1 = 8$ cm $l_2 = \dots$ cm

gevraagd $l_2 = ?$ cm

uitwerking Er is evenwicht, dus geldt:

$$M_1 = M_2$$
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$0{,}6 \times 8 = 0{,}4 \times l_2$$
$$l_2 = \frac{4{,}8}{0{,}4} = 12 \text{ cm}$$

Lotte moet de twee gewichtjes dus op 12 cm van het draaipunt hangen.
Je ziet: om evenwicht te maken, moet je ervoor zorgen dat de kleinste kracht de grootste arm heeft.



afbeelding 3 De proef van Lotte.

HEFBOMEN IN WERKTUIGEN

In veel situaties is je spierkracht te klein om iets voor elkaar te krijgen. Het lukt niet om een dop van een fles te halen, als je alleen je vingers mag gebruiken. In zo'n situatie kun je een hefboom gebruiken om je spierkracht te 'vergroten'. Een flessenopener is een goed voorbeeld van zo'n hefboom.

In afbeelding 4 zie je hoe een flessenopener werkt. Met je hand probeer je de opener linksom te laten draaien, met een kracht F_1. De dop verzet zich tegen die beweging. Hij drukt de opener naar beneden, met een kracht F_2. De twee krachten houden elkaar zo ongeveer in evenwicht. Dus geldt de momentenwet:

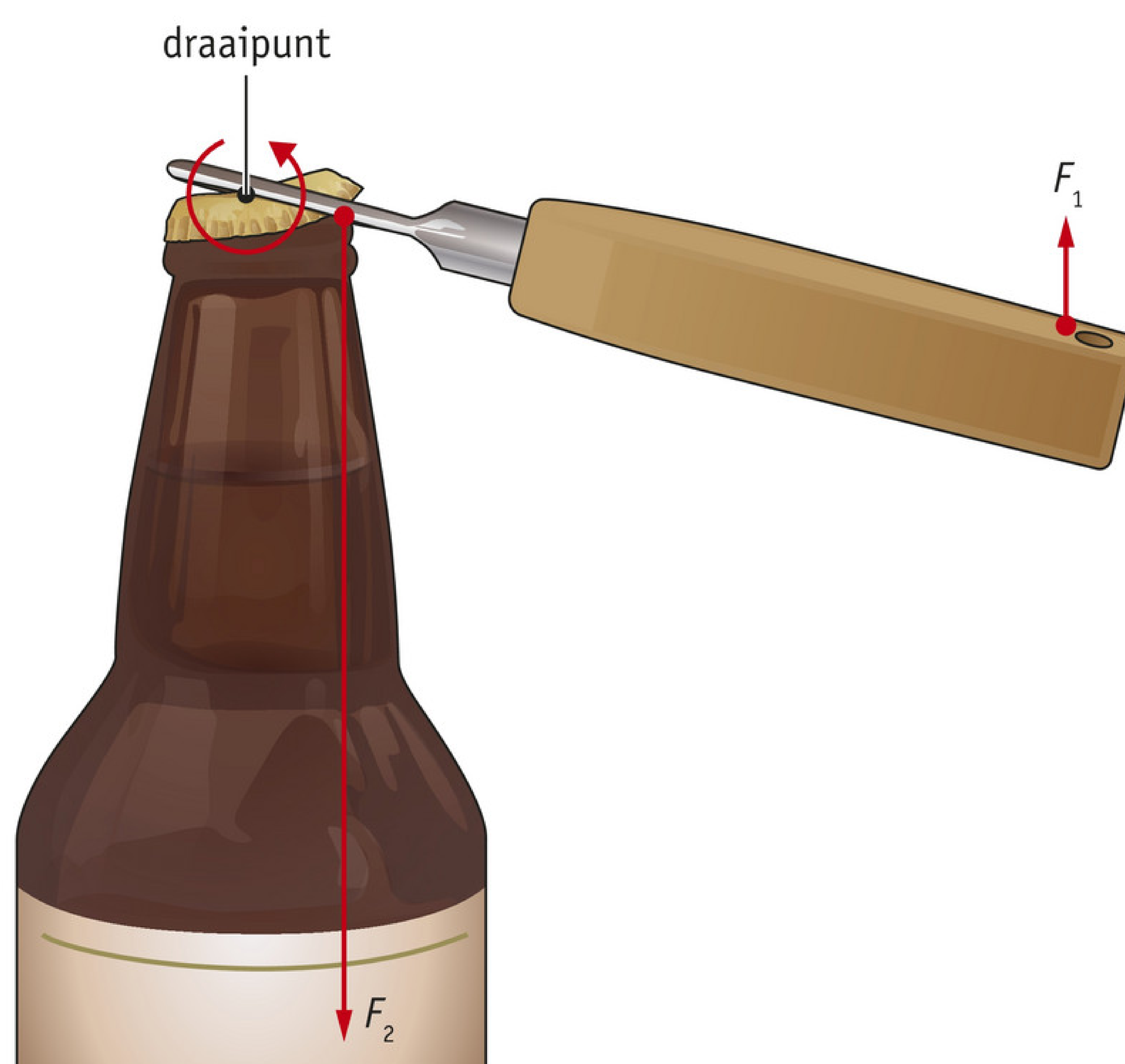
$$M_1 = M_2$$

Dat betekent dat:

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

F_1 wordt ook wel de werkkracht genoemd en F_2 de last. Uit de formule volgt dat de last F_2 (met z'n korte arm) veel groter is dan de werkkracht F_1 (met z'n lange arm).

De kracht die de opener op de dop uitoefent, is niet getekend in afbeelding 4. Deze kracht is even groot als F_2, en omhooggericht.



afbeelding 4 De momenten van F_1 en F_2 zijn even groot.

ENKELE EN DUBBELE HEFBOMEN

Veel werktuigen werken op deze manier: een kleine werkkracht met een grote arm maakt evenwicht met een grote last met een kleine arm. Dat zie je bij **enkele hefbomen** (zoals flessenopeners, steeksleutels en bandenlichters) en **dubbele hefbomen** (zoals snoeischaren, notenkrakers en nijptangen).

VOORBEELDOPDRACHT 3

De snoeischaar in afbeelding 5 wordt dichtgeknepen met een spierkracht van (tweemaal) 6,0 N.
Bereken de krachten op de tak.

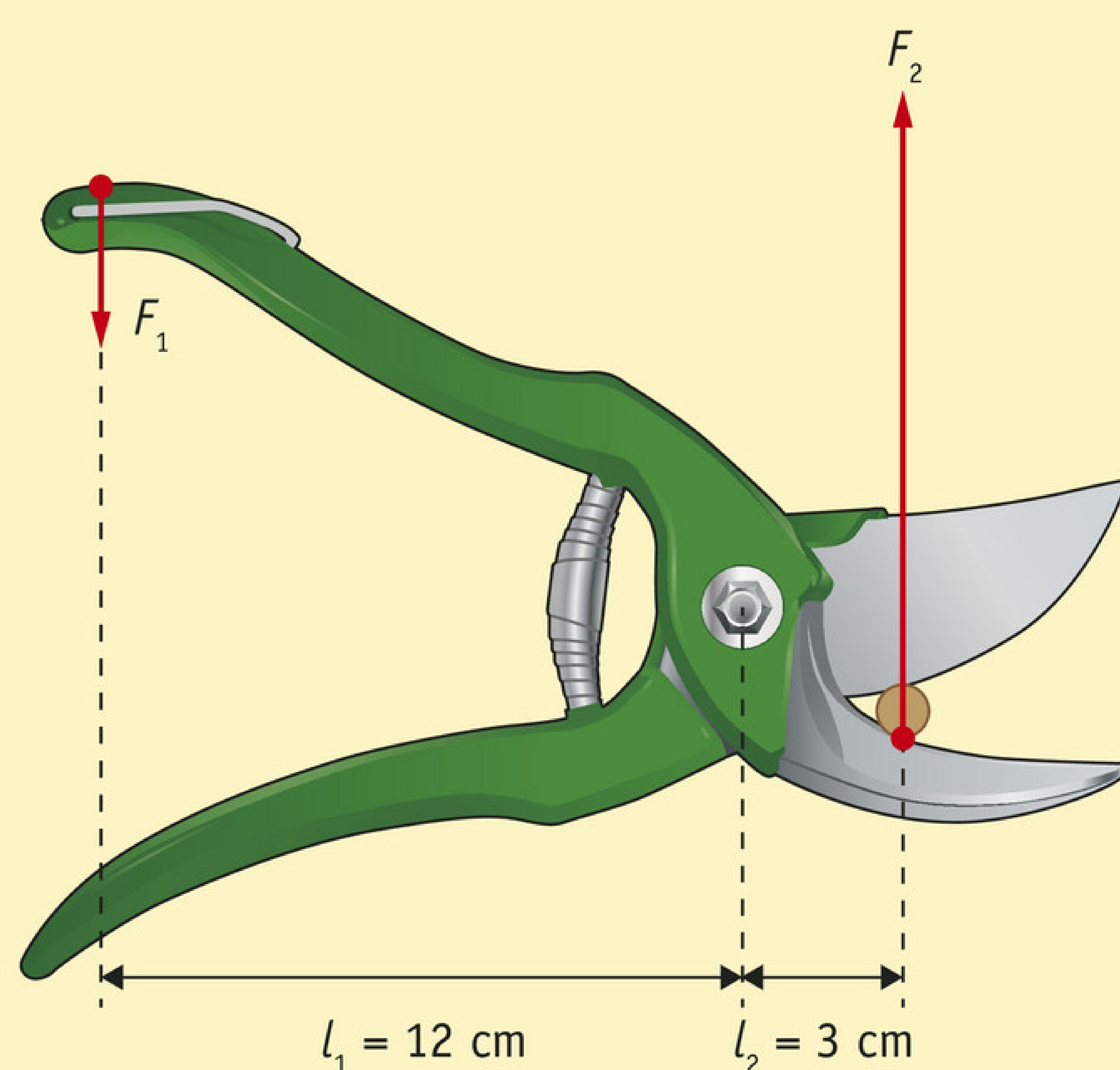
gegevens F_1 = 6,0 N F_2 = ... N
l_1 = 12 cm l_2 = 3 cm

gevraagd F_2 = ? N

uitwerking Ga uit van evenwicht. Dan geldt:

$$M_1 = M_2$$
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$6{,}0 \times 12 = F_2 \times 3$$
$$F_2 = \frac{72}{3} = 24 \text{ N}$$

Op de tak werken dus twee krachten van 24 N.



afbeelding 5 Een snoeischaar is een dubbele hefboom.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Of een hefboom in evenwicht is, hangt af van twee dingen:

- de .... van de krachten;
- de .... tussen de krachten en het ....

b Het moment van een kracht is gelijk aan de ....

van de kracht × de ....

c De arm van een kracht is de afstand tussen de .... van de kracht en het .... van de hefboom.

d Een hefboom is in evenwicht als de ....

gelijk is aan ....

2 Vul tabel 1 verder in.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
	M		
			N
arm			

3 Er zijn allerlei werktuigen die uit twee hefbomen bestaan.
Noteer drie voorbeelden.

....

....

TOEPASSING

4 In afbeelding 6 zijn drie situaties getekend waarin een kracht *F* iets laat draaien.

a Noteer hoe groot de kracht en de arm zijn:

- in situatie a

  F = ... N

  l = 1,0 × 20 cm = ... cm = 0,20 m

- in situatie b

  F = ... N

  l = ... × .... cm = ... cm = ... m

- in situatie c

  F = ...

  l = ... = ...

b Bereken hoe groot het moment van *F* is (ten opzichte van draaipunt P):

- in situatie a

  $M = F \cdot l = 30 \times 0{,}20 =$ .... Nm

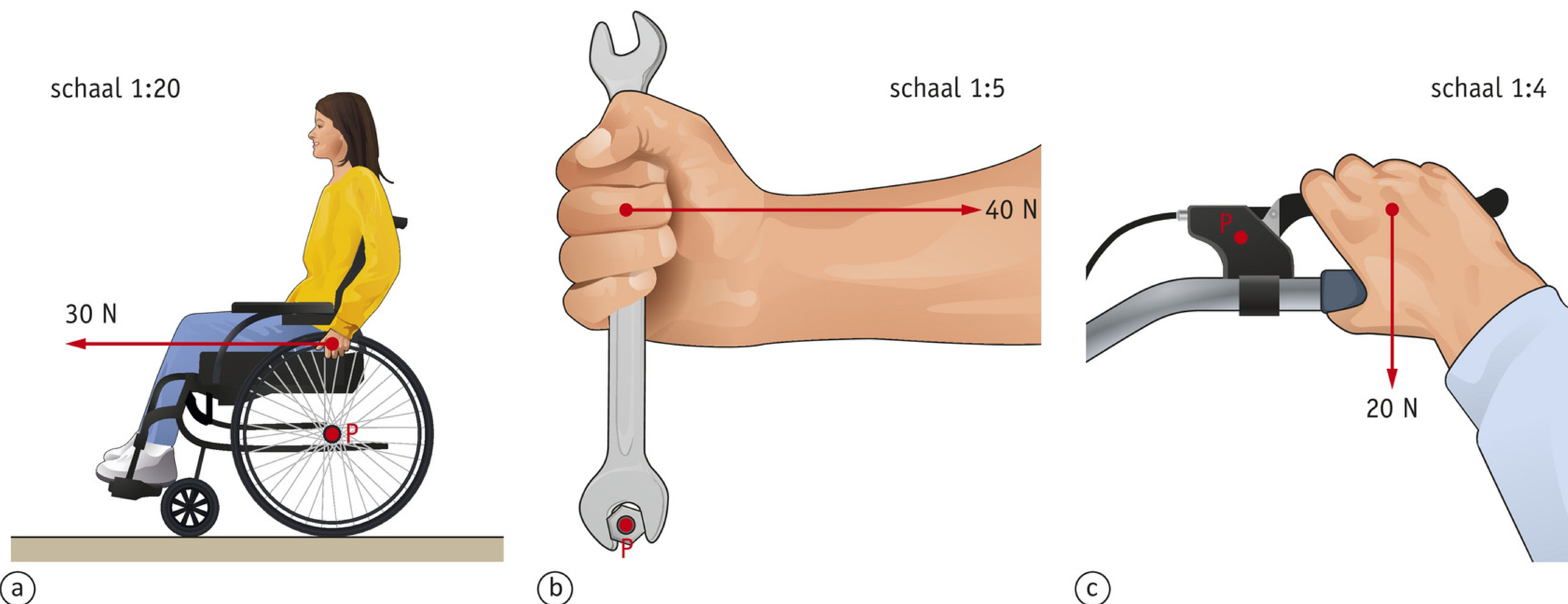
- in situatie b

  M = ...

- in situatie c

  M = ...

afbeelding 6 Hoe groot is het moment van deze krachten?



5 Leon en Jerry doen een proef met een eenvoudige hefboom. In afbeelding 7 hebben ze links twee gewichtjes aan haakje 3 gehangen. Nu moeten ze evenwicht maken door het juiste aantal gewichtjes aan haakje 1 rechts te hangen. “Dat moeten er zes zijn,” zegt Leon. “Dat klopt,” zegt Jerry, “want als de afstand drie keer zo klein is, moet het aantal gewichtjes drie keer zo groot worden.”

a De regel die Jerry hier toepast heet de ....

b Kunnen Leon en Jerry ook evenwicht maken door gewichtjes aan haakje 2 te hangen? Hoeveel gewichtjes hebben ze dan nodig?

....

....

c Hoeveel gewichtjes moeten ze aan haakje 3 hangen om evenwicht te maken?

....

....

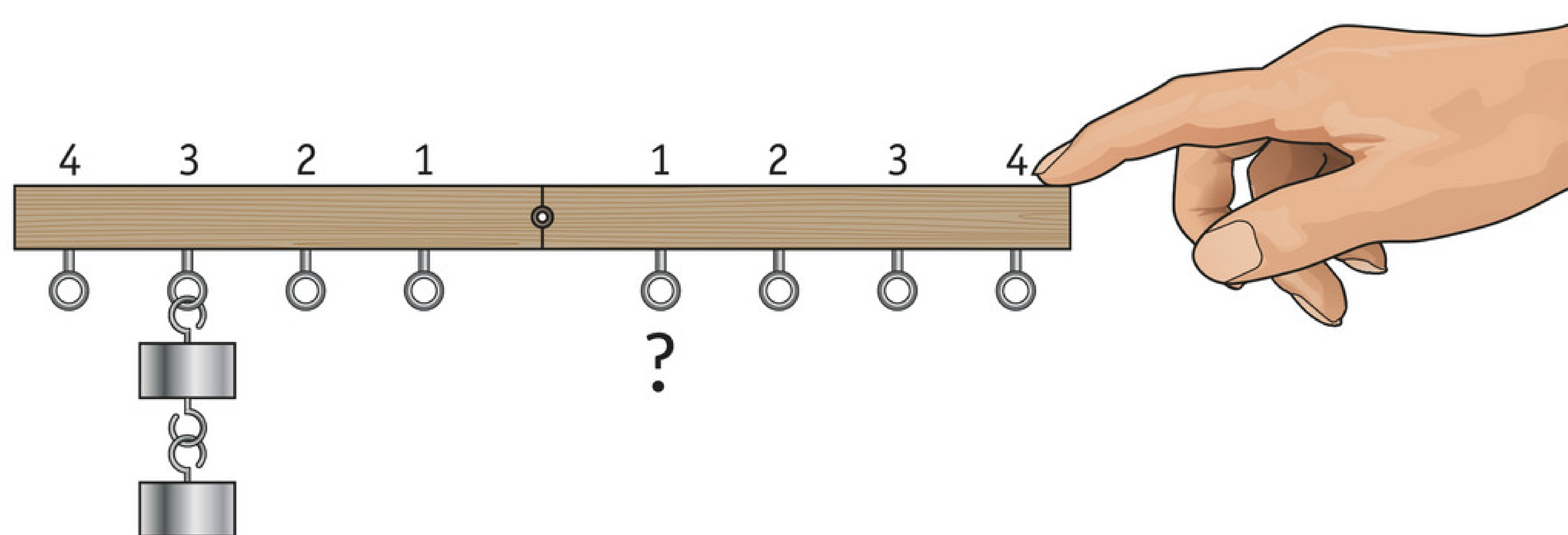
d Het lukt Leon en Jerry niet om evenwicht te maken door gewichtjes in gaatje 4 rechts te hangen.
Hoe komt het dat het dan niet lukt?

....

....

....

....



afbeelding 7 De hefboom van Leon en Jerry.

6 Gebruik *BINAS* tabel 1 *Veel gebruikte waarden*.
Lisette (21 kg) en haar moeder Anneke zitten op een wip (afbeelding 8). In de situatie op de foto is de wip in evenwicht.

a Bereken de zwaartekracht op Lisette.

....

....

....

....

b Bereken de zwaartekracht op Anneke. Gebruik de momentenwet.

....

....

....

....

....

....

....

....

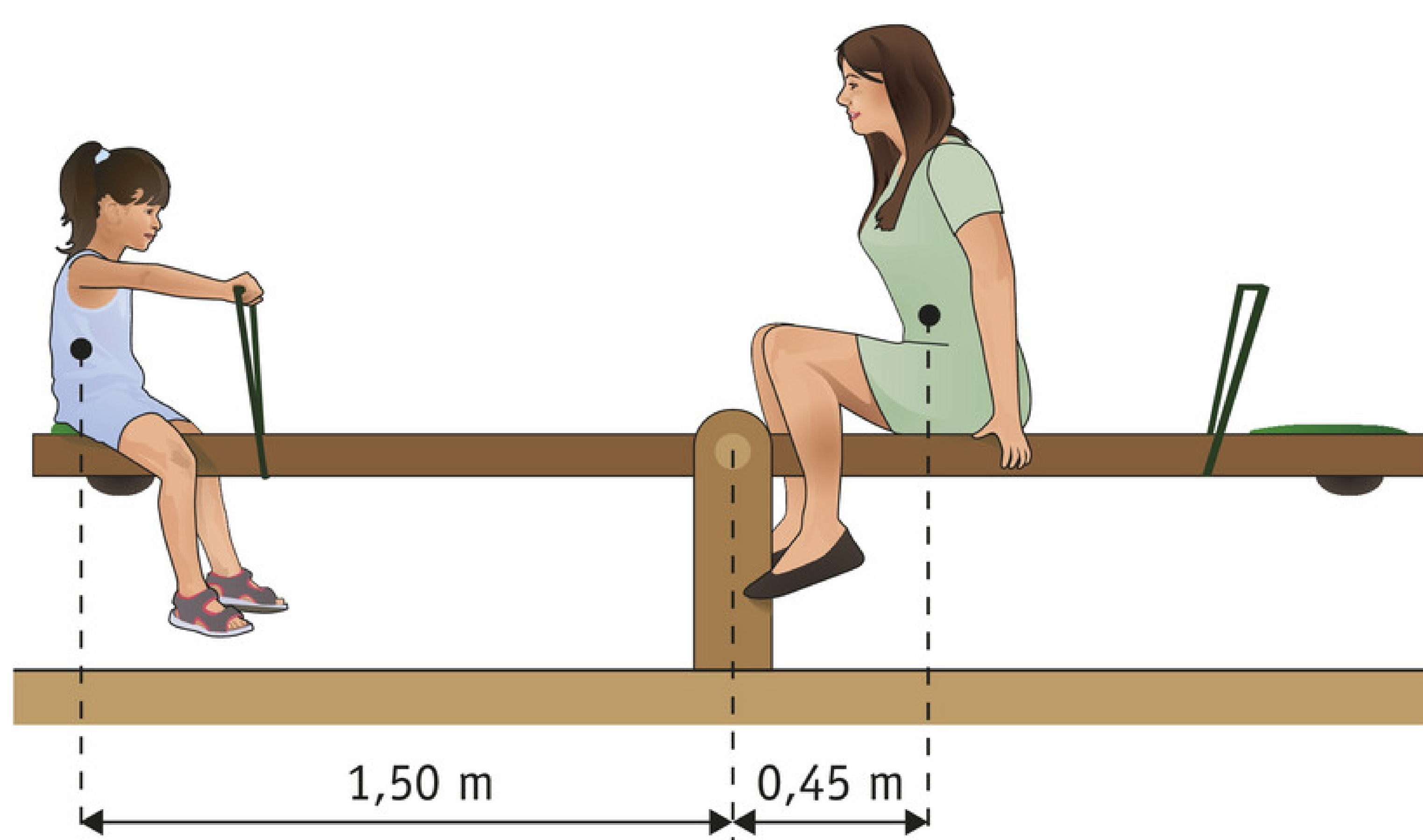
c Bereken de massa van Anneke.

....

....

....

....



afbeelding 8 Een wip in evenwicht.

7 Met een motorlift kun je een motor rechtop stallen. De motorlift bestaat uit een beugel met wieltjes. Druk je de beugel naar beneden, dan komt het achterwiel van de grond (afbeelding 9).

a De motor heeft een massa van 187,5 kg.
Bereken de zwaartekracht op de motor.

....

....

....

....

....

b In afbeelding 9 is de vector van de zwaartekracht op schaal weergegeven.
Noteer de krachtenschaal die is gebruikt.

....

....

....

....

....

c Bereken de kracht op het steunpunt P van de motorlift. Gebruik de momentenwet.

....

....

....

....

....

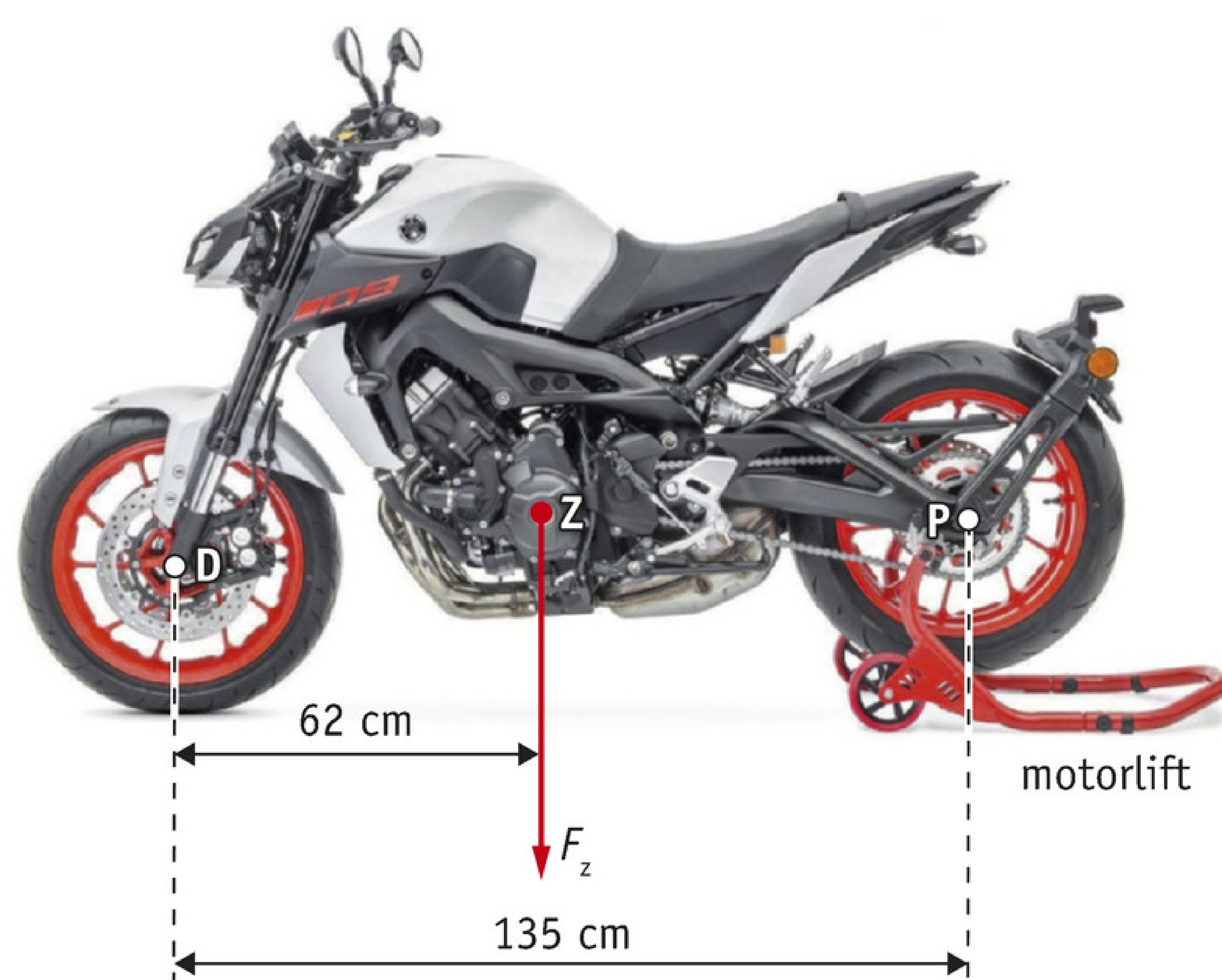
....

....

....

....

naar: examen 2016-I



afbeelding 9 Een motor op een motorlift.

★ 8  Zie de vaardigheid *Werken met formules (in twee stappen)*.
In afbeelding 10 is een eenvoudige hefbrug getekend. Dankzij een tegengewicht kan één persoon de brug openen en sluiten.
Bereken met hoeveel kracht de brugwachter aan het touw moet trekken om de brug in de getekende stand te laten staan.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

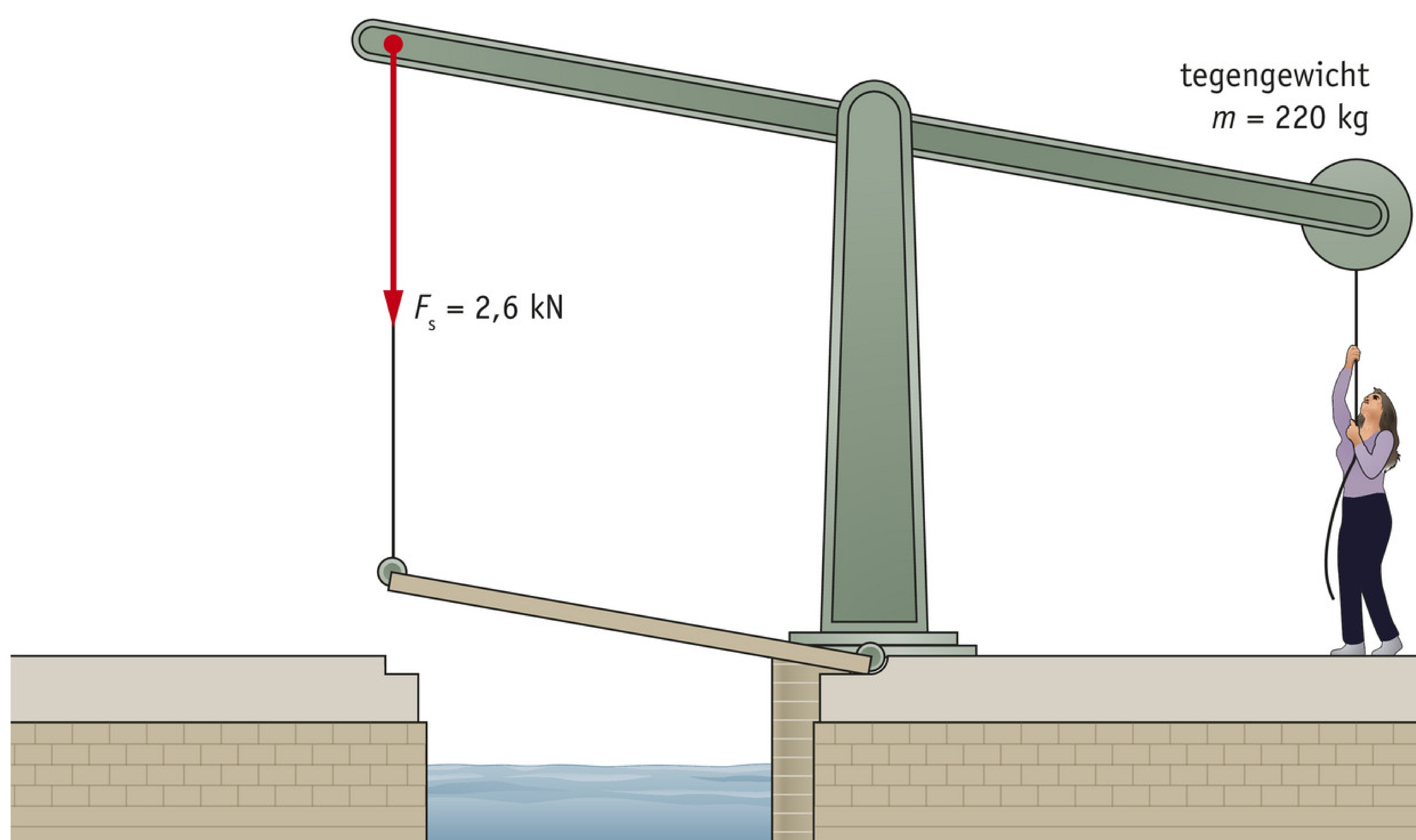
....

....

....

....

....



afbeelding 10 Een ophaalbrug.

9

In Schotland zijn elf sluizen vervangen door één draaiende scheepslift (afbeelding 11). De scheepslift bestaat uit twee bakken met water. Een boot vaart de onderste bak binnen en de deur wordt gesloten. De constructie maakt een halve draai linksom, waarna de boot 24 m hoger verder kan varen.
In afbeelding 12 zie je een aantal afbeeldingen van een halve draai linksom van de constructie. Halverwege de draai staan de twee bakken op gelijke hoogte (afbeelding 13).
De massa van elke bak met of zonder boot is $2{,}8 \cdot 10^5$ kg. In de afbeelding is Z het zwaartepunt.

a Bereken het moment van de rechter bak met boot ten opzichte van draaipunt D.

b Vergelijk in de situatie van afbeelding 13 het moment van de linker bak met het moment van de rechter bak.
Het moment van de linker bak is *even groot* / *groter* / *kleiner*.

c De rechter bak beweegt vanuit deze stand een paar meter omhoog. Tabel 2 gaat over de gevolgen hiervan voor een aantal grootheden.
Zet in tabel 2 in elke rij één kruisje in de juiste kolom.

naar: examen 2018-I



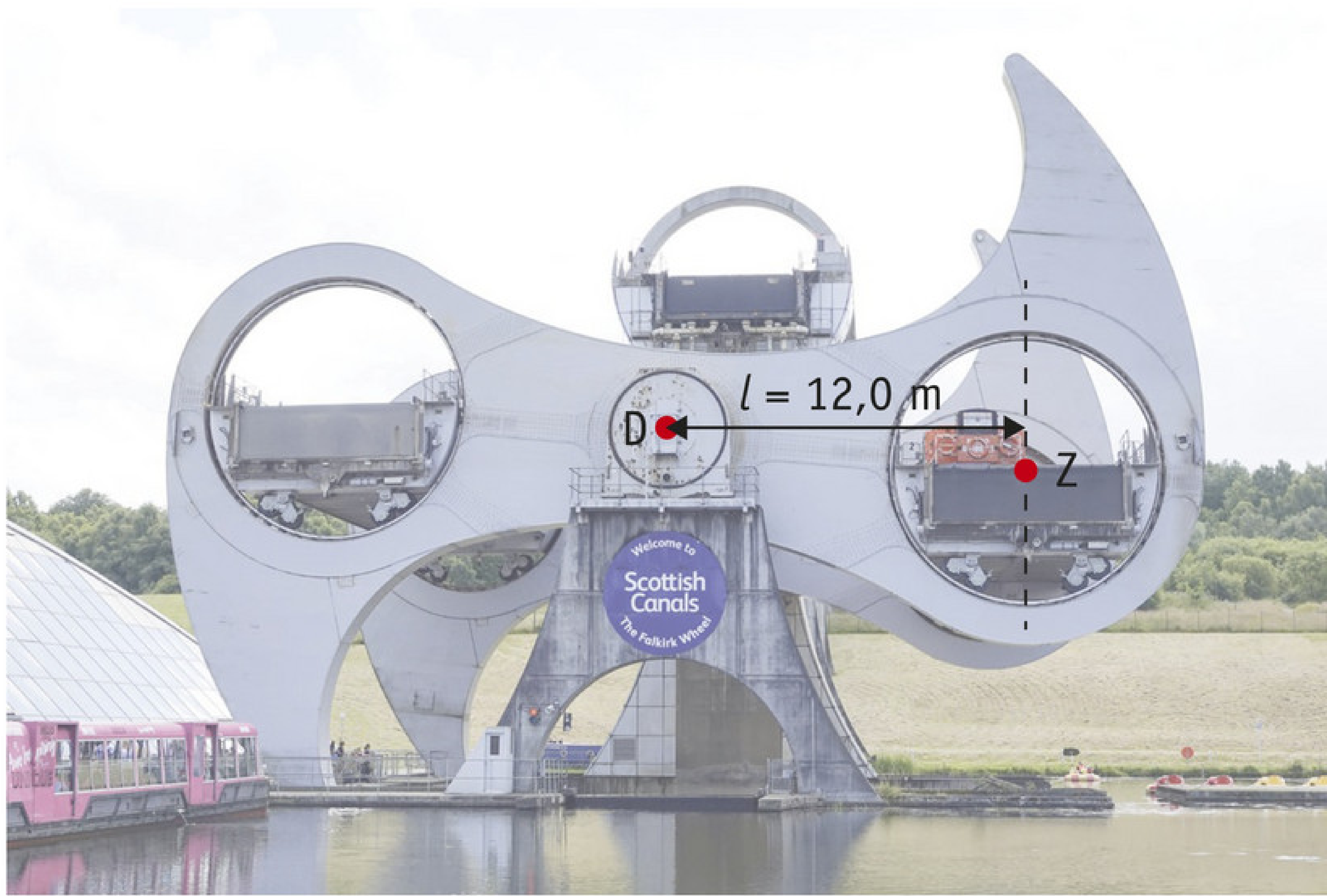
afbeelding 11 Een draaiende scheepslift in Schotland.



afbeelding 12 De scheepslift maakt een halve draai linksom.

tabel 2 Wat verandert er als de rechter bak omhoog beweegt?

	blijft gelijk	wordt groter	wordt kleiner
de zwaartekracht op de bak			
de arm van de bak			
het moment van de bak			



afbeelding 13 De scheepslift als beide bakken op gelijke hoogte staan.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Hefbomen en zwaartekracht

LEERDOELEN

14.2.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het zwaartepunt van een voorwerp.
14.2.1 Je kunt het zwaartepunt aangeven van een homogene balk.
14.2.3 Je kunt beredeneren of je de zwaartekracht op een hefboom wel of niet moet meerekenen, als je de momentenwet gebruikt.
14.2.4 Je kunt berekeningen uitvoeren met de momentenwet en daarbij ook de zwaartekracht op de hefboom meerekenen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	14.2.1	14.2.2	14.2.3	14.2.4	3.4.2*	10.1.5*	10.2.1*	14.1.4*
Onthouden	1ab	2ab	1cd					
Begrijpen	8a			7b	6a		4a	8b
Toepassen				3a, 4b, 5, 6c		3b, 6b		
Analyseren				7a, 8c				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

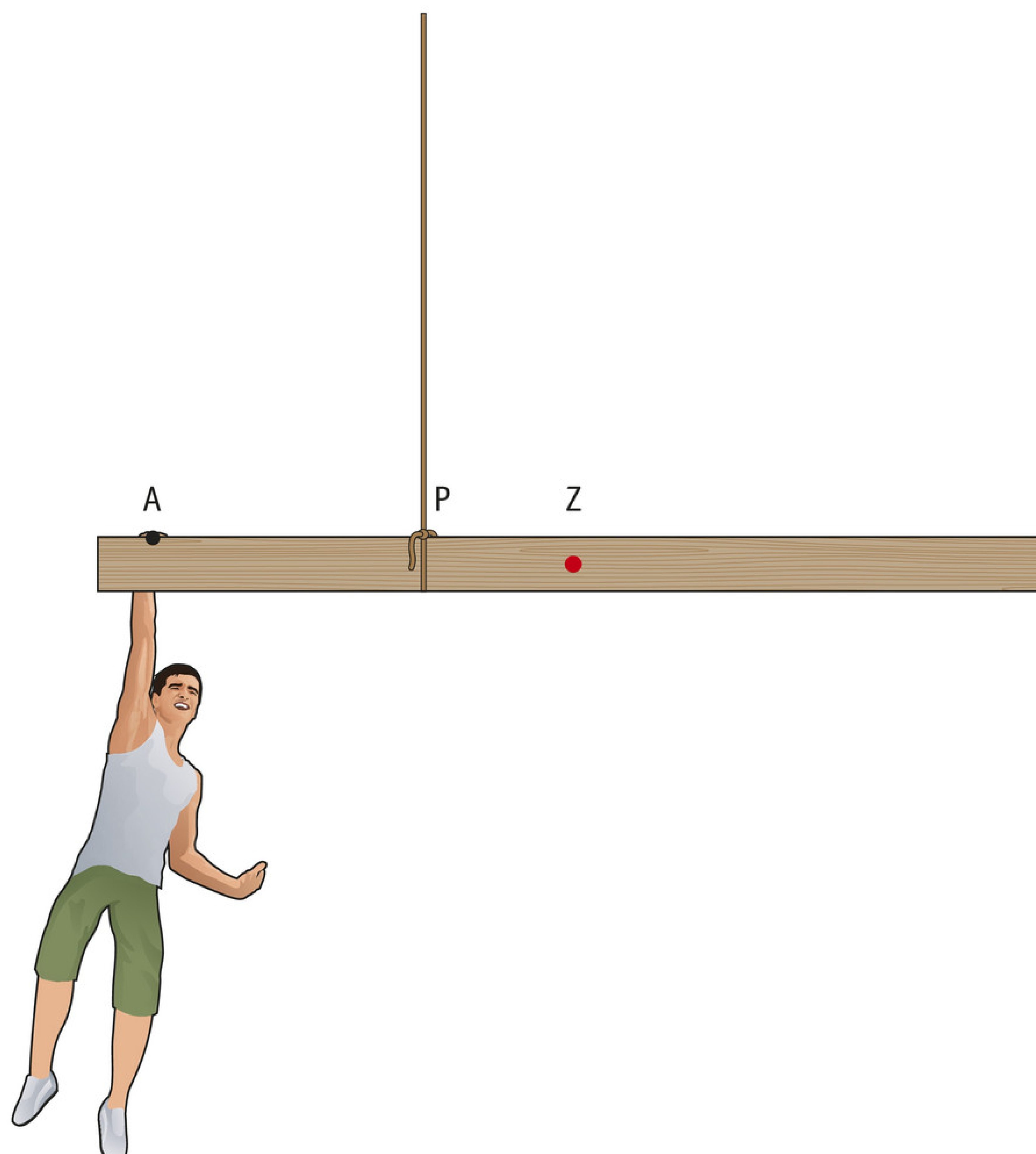
Ad tilt een boomstam aan één uiteinde op. De benodigde tilkracht is ongeveer de helft van de zwaartekracht op de boomstam. Hoe komt dat?

HET ZWAARTEPUNT

Bij het rekenen met momenten moet je vaak rekening houden met de zwaartekracht op de hefboom zelf. In afbeelding 1 zie je een voorbeeld. Op deze hefboom werken drie krachten:

1 De kracht die de man op de balk uitoefent. Deze kracht grijpt aan in punt A.
2 De spankracht van de kabel. Deze kracht grijpt aan in het ophangpunt P.
3 De zwaartekracht op de balk zelf. Deze kracht grijpt aan in punt Z.

Dit punt Z wordt het **zwaartepunt** van de balk genoemd. Een ander woord voor het zwaartepunt is het **massamiddelpunt**.



afbeelding 1 De zwaartekracht speelt hier een belangrijke rol.

In werkelijkheid werkt de zwaartekracht niet alleen op punt Z. Net zoals ieder voorwerp bestaat de balk uit een enorm aantal materiedeeltjes. Op elk van die deeltjes werkt een uiterst klein zwaartekrachtje. De resultante van al die zwaartekrachtjes samen noem je 'de' zwaartekracht. Het zwaartepunt is de plaats waar deze resultante aangrijpt.

Je kunt alle kleine zwaartekrachtjes op de balk dus vervangen door één resulterende kracht. Daarna kun je met behulp van de momentenwet bepalen of de balk in evenwicht is.

Bij een homogene balk ligt het zwaartepunt precies in het midden van de balk. 'Homogeen' wil zeggen dat de balk helemaal van hetzelfde materiaal is gemaakt.

VOORBEELDOPDRACHT 1

In afbeelding 2 is de situatie van afbeelding 1 schematisch getekend. De massa van de man is 70 kg. De afstand AP is 1,4 m. De afstand ZP is 0,75 m.
Bereken de massa van de balk.

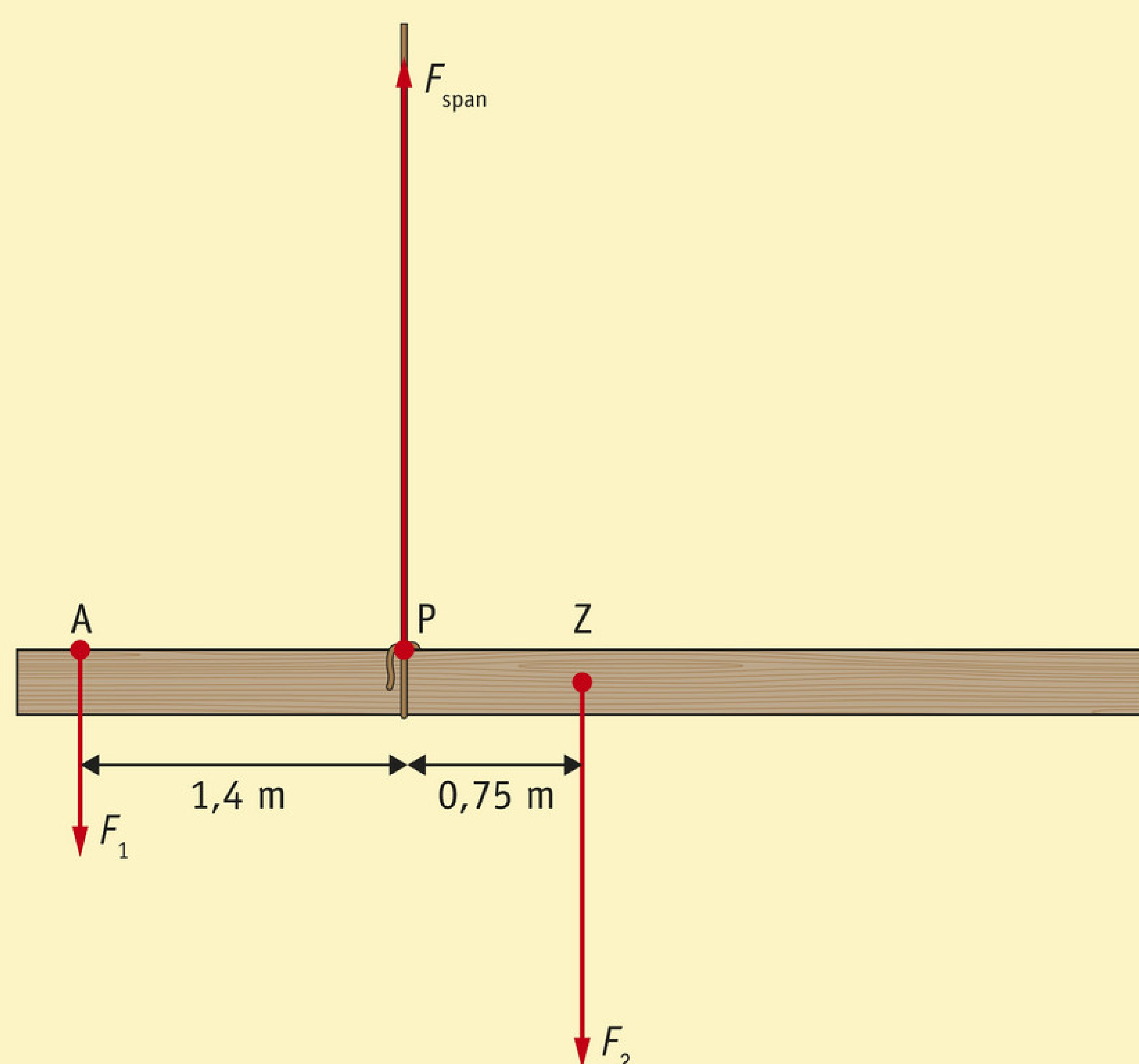
gegevens m_1 = 70 kg m_2 = ...
l_1 = 1,4 m l_2 = 0,75 m

gevraagd m_2 = ? kg

uitwerking $F_1 = m_1 \cdot g = 70 \times 10 = 700$ N $F_2 = m_2 \cdot g = m_2 \times 10 = 10 \times m_2$

Er is evenwicht, dus geldt:

$$M_1 = M_2$$
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$700 \times 1{,}4 = 10 \times m_2 \times 0{,}75$$
$$980 = 7{,}5 \times m_2$$
$$m_2 = \frac{980}{7{,}5} = 131 \text{ kg}$$



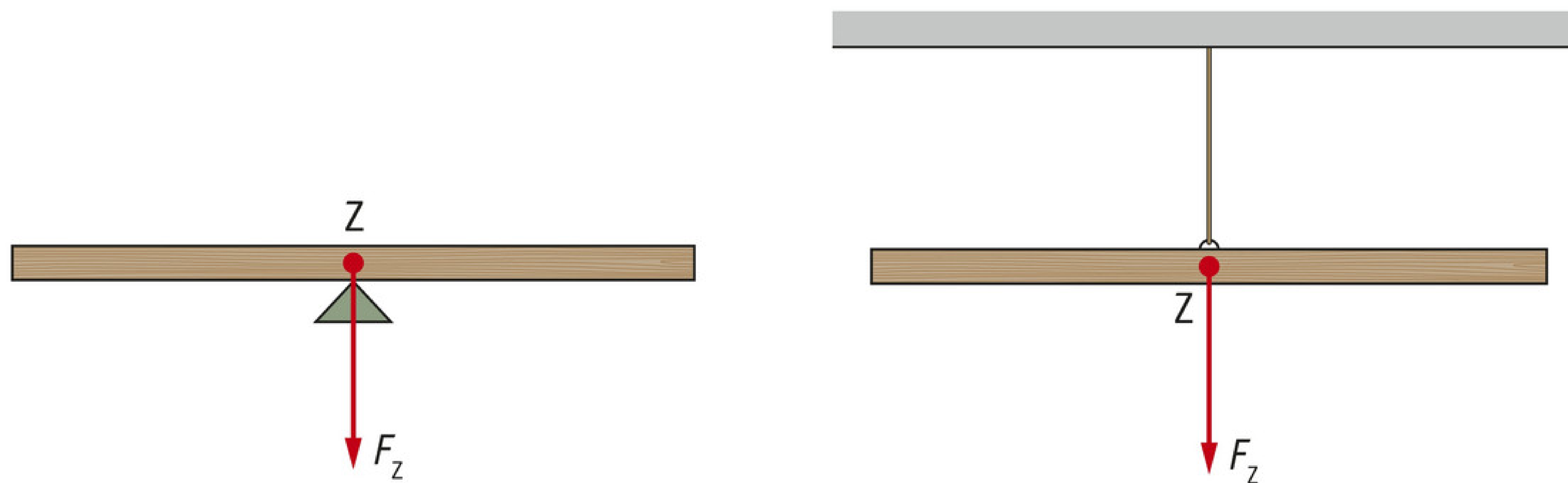
afbeelding 2 Drie krachten in evenwicht.

REKENEN MET MOMENTEN

PROEF 3

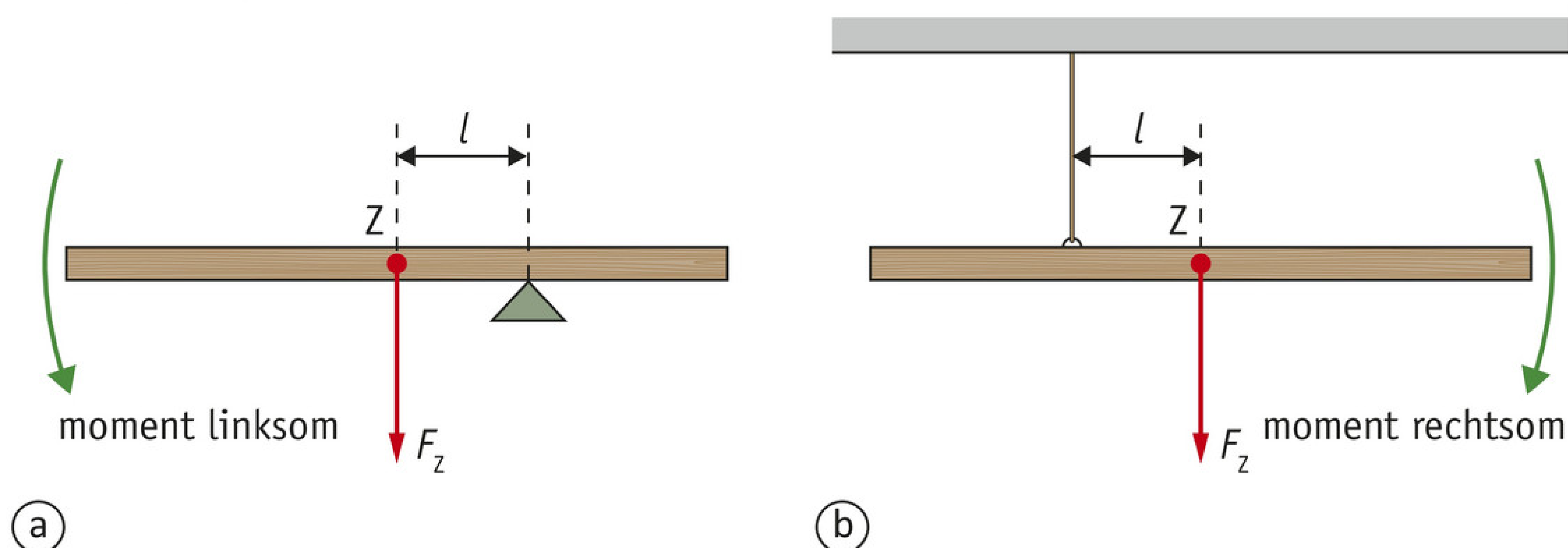
In veel situaties ligt het zwaartepunt van een hefboom recht onder of recht boven het draaipunt (afbeelding 3). In dat geval hoef je geen rekening te houden met het moment van de zwaartekracht. Dat komt doordat *l* (de afstand tussen de werklijn en het draaipunt) dan 0 m is. Daardoor is het moment $F_z \cdot l$ gelijk aan 0 Nm.

afbeelding 3 Het zwaartepunt ligt recht boven het draaipunt.



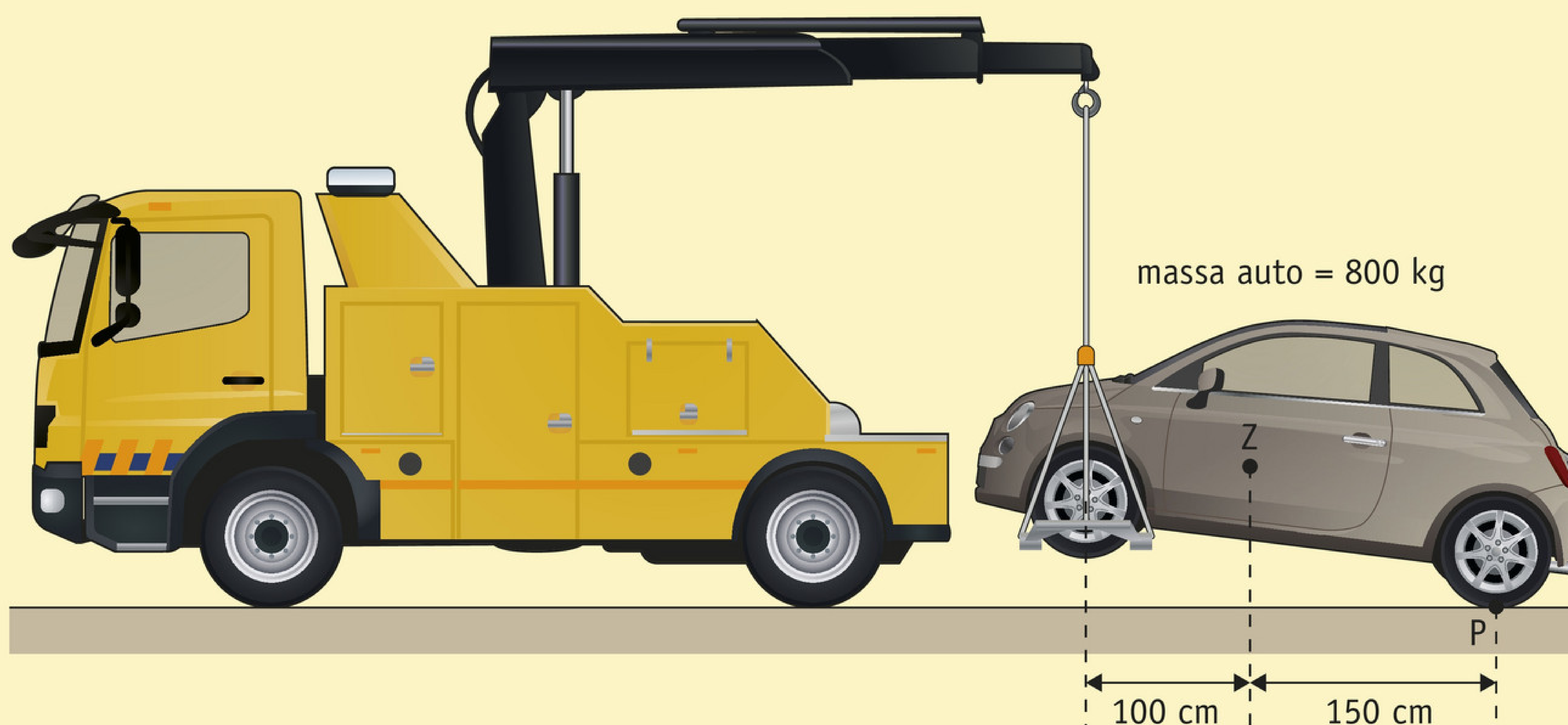
Er zijn ook situaties waarin het zwaartepunt rechts of links van het draaipunt ligt (afbeelding 4). In dat geval is het moment van de zwaartekracht groter dan 0 Nm. Je moet dit moment ook meerekenen als je de momentenwet gebruikt.

afbeelding 4 Het zwaartepunt ligt links van het draaipunt (a) en rechts van het draaipunt (b).



VOORBEELDOPDRACHT 2

Bekijk afbeelding 5. De kabel oefent een spankracht uit op de auto. Bereken de grootte van die spankracht.



afbeelding 5 Hoe groot is de spankracht op de auto?

1 Ga na waar het draaipunt zich bevindt.
De spankracht van de kabel voorkomt dat de auto linksom draait om de achteras.
Je neemt de achteras (punt P in de tekening) dus als draaipunt.

2 Noteer alle krachten en de bijbehorende armen.
F_1 = ... kN $F_2 = F_z = m \cdot g$ = 800 × 10 = 8,0 kN
l_1 = 2,5 m l_2 = 1,5 m

Bij A werkt een normaalkracht op de auto. Omdat de arm van deze kracht 0 m is, hoef je het moment van deze kracht niet mee te rekenen.

3 Gebruik de momentenwet om F_1 uit te rekenen.
Er is evenwicht, dus geldt:

$$M_1 = M_2$$
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$F_1 \times 2{,}5 = 8{,}0 \times 1{,}5$$
$$F_1 \times 2{,}5 = 12$$
$$F_1 = \frac{12}{2{,}5} = 4{,}8 \text{ kN}$$


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a De zwaartekracht op een voorwerp is de .... van alle kleine zwaartekrachtjes die op de deeltjes in het voorwerp werken.

b Het punt Z waar de zwaartekracht aangrijpt, wordt het .... of .... genoemd.

c Het moment van de zwaartekracht is 0 Nm als het zwaartepunt recht onder of recht boven het .... ligt.

d Het moment van de zwaartekracht is groter dan 0 Nm als het zwaartepunt .... of .... van het draaipunt ligt.

2 **a** Waar ligt het zwaartepunt van een homogene balk?

....

....

b Leg uit wanneer een balk ‘homogeen’ is.

....

TOEPASSING

3 De liniaal in afbeelding 6 is in evenwicht. Dus geldt: $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$
Gebruik de gegevens in afbeelding 6.

a Bereken hoe groot de zwaartekracht op de liniaal is.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken hoe groot de massa van de liniaal is.

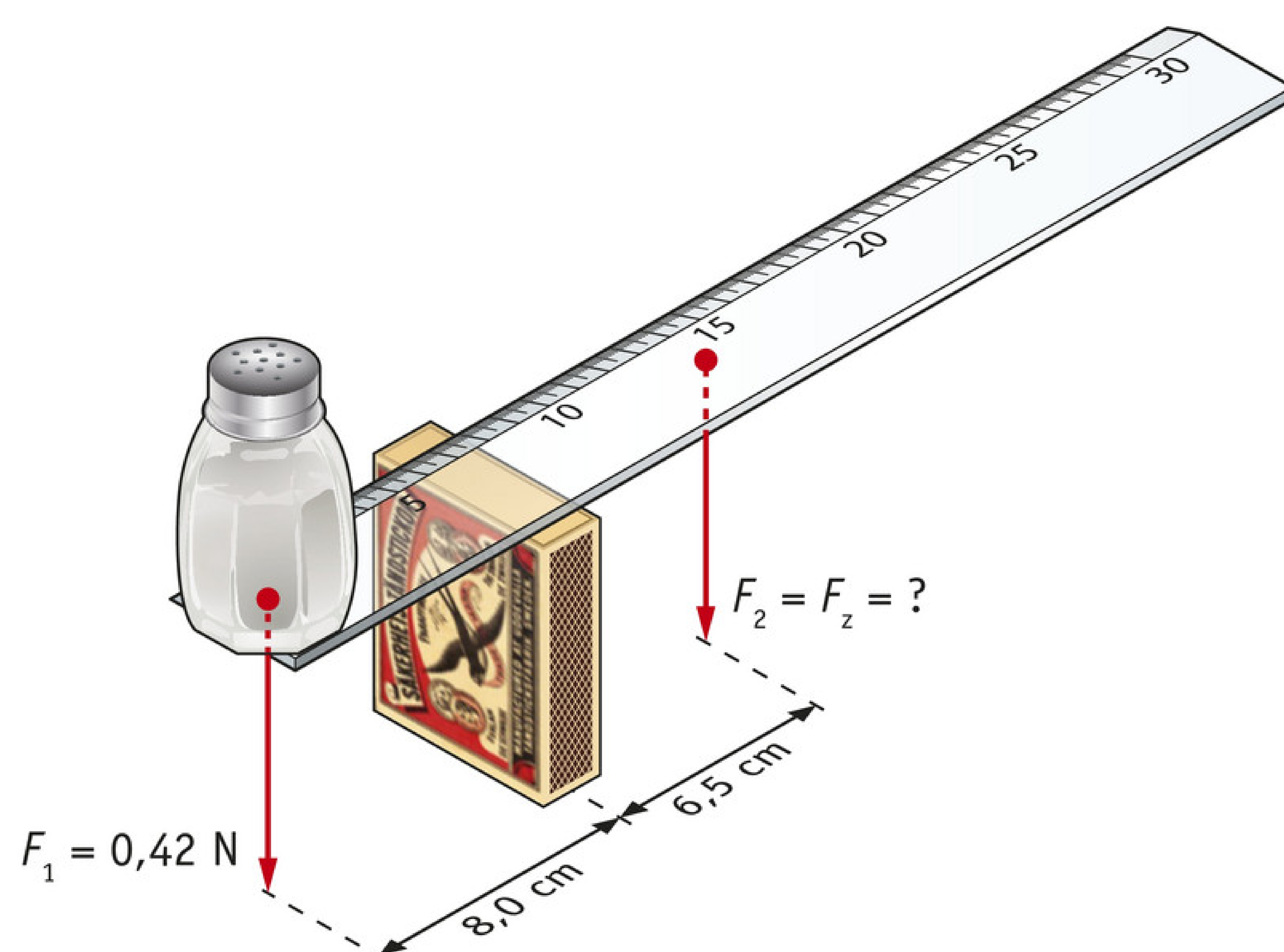
....

....

....

....

....



afbeelding 6 Een huis-tuin-en-keukenproef.

4 Renske maakt tijdens de natuurkundeles een opstelling met een aluminium buis met aan een uiteinde een gewicht aan een touwtje (afbeelding 7). De buis van 1,0 m lengte is in evenwicht. D is het draaipunt. Het zwaartepunt van de buis is aangegeven met punt Z.

a Hierna staan twee zinnen over de krachten bij deze opstelling. Kies de juiste woorden.
- In het touw bij A is sprake van *duwkracht* / *trekkracht*.
- In het draaipunt bij D is sprake van *duwkracht* / *trekkracht*.

b Bereken de grootte van de zwaartekracht op de buis. Gebruik de gegevens in afbeelding 7.

....

....

....

....

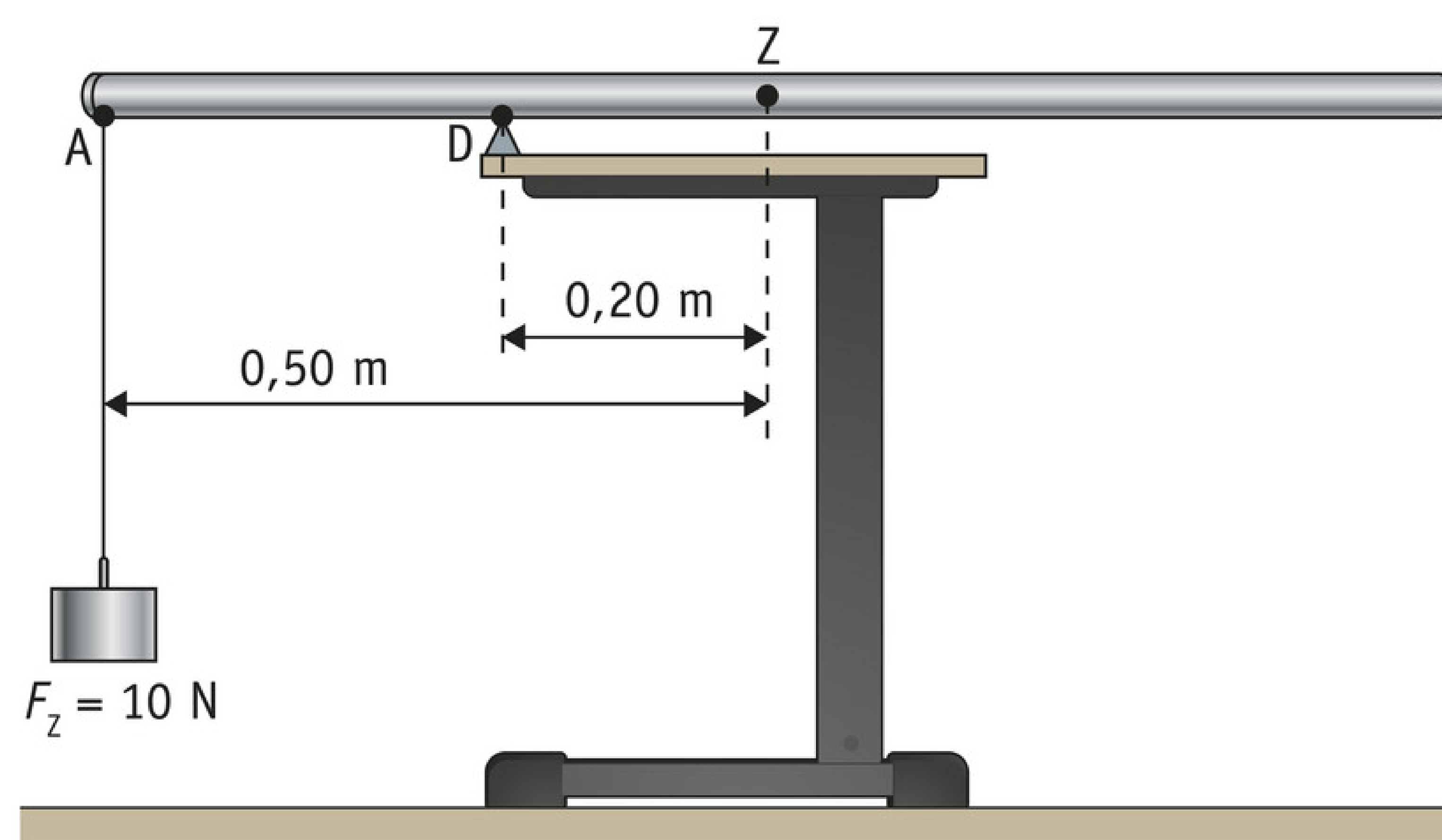
....

....

....

....

naar: examen 2018-II



afbeelding 7 De proefopstelling van Renske.

5 In afbeelding 8 zie je hoe een hijskraan een stalen balk op zijn plaats takelt.
Bereken de spankracht in de kabel met behulp van de gegevens in de afbeelding. Neem punt A als draaipunt.

....

....

....

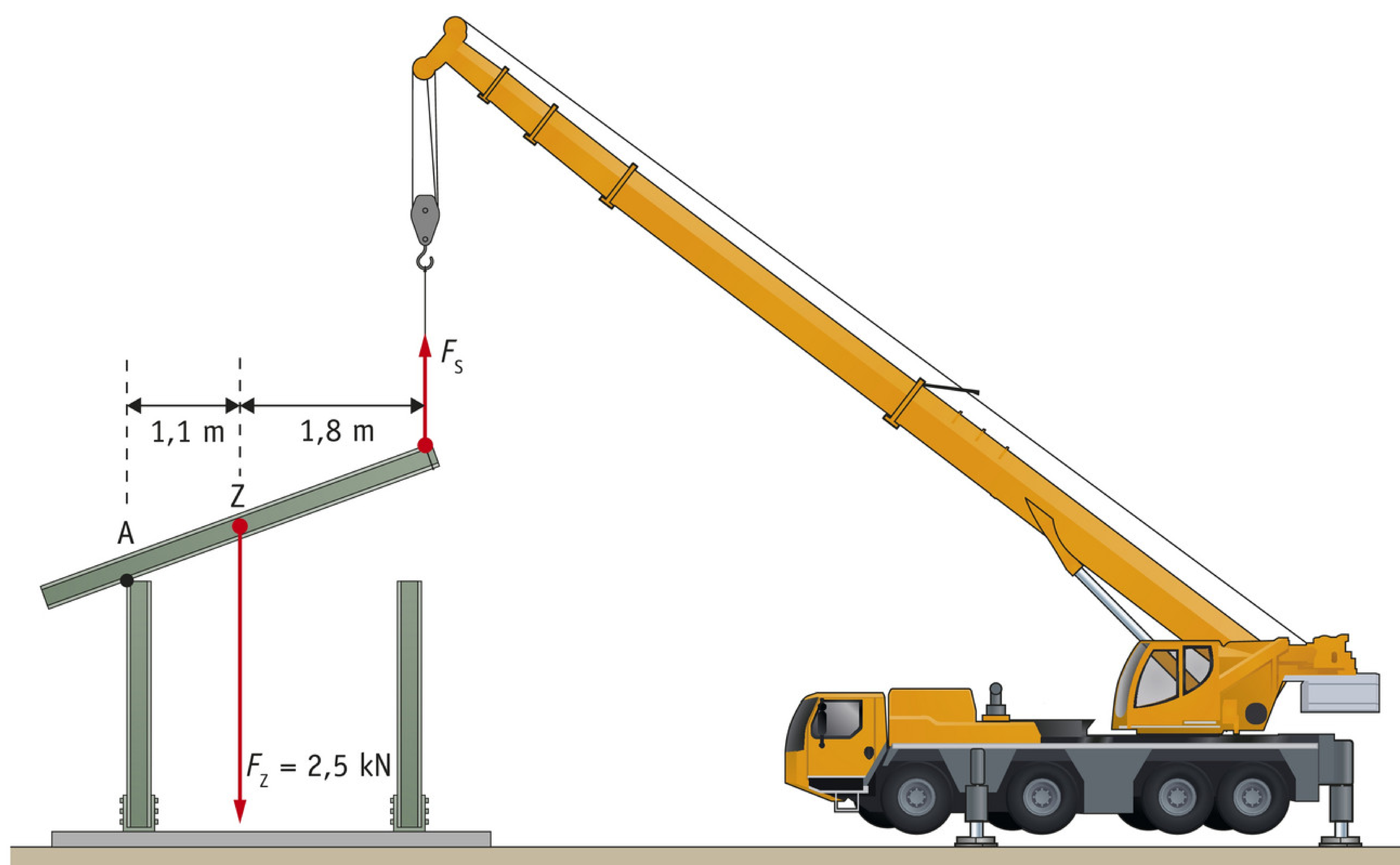
....

....

....

....

....



afbeelding 8 Hoe groot is de spankracht?

6  In afbeelding 9 zie je een tuinman die met een kruiwagen rijdt. De gegevens die je voor het maken van deze opdracht nodig hebt, staan in de afbeelding.

a Geef in kleur het draaipunt aan van de kruiwagen. Zet er de letter P bij.

b Bereken de grootte van de zwaartekracht op de kruiwagen.

....

....

....

....

....

c Bereken hoe groot de kracht is die de tuinman op de kruiwagen uitoefent.

....

....

....

....

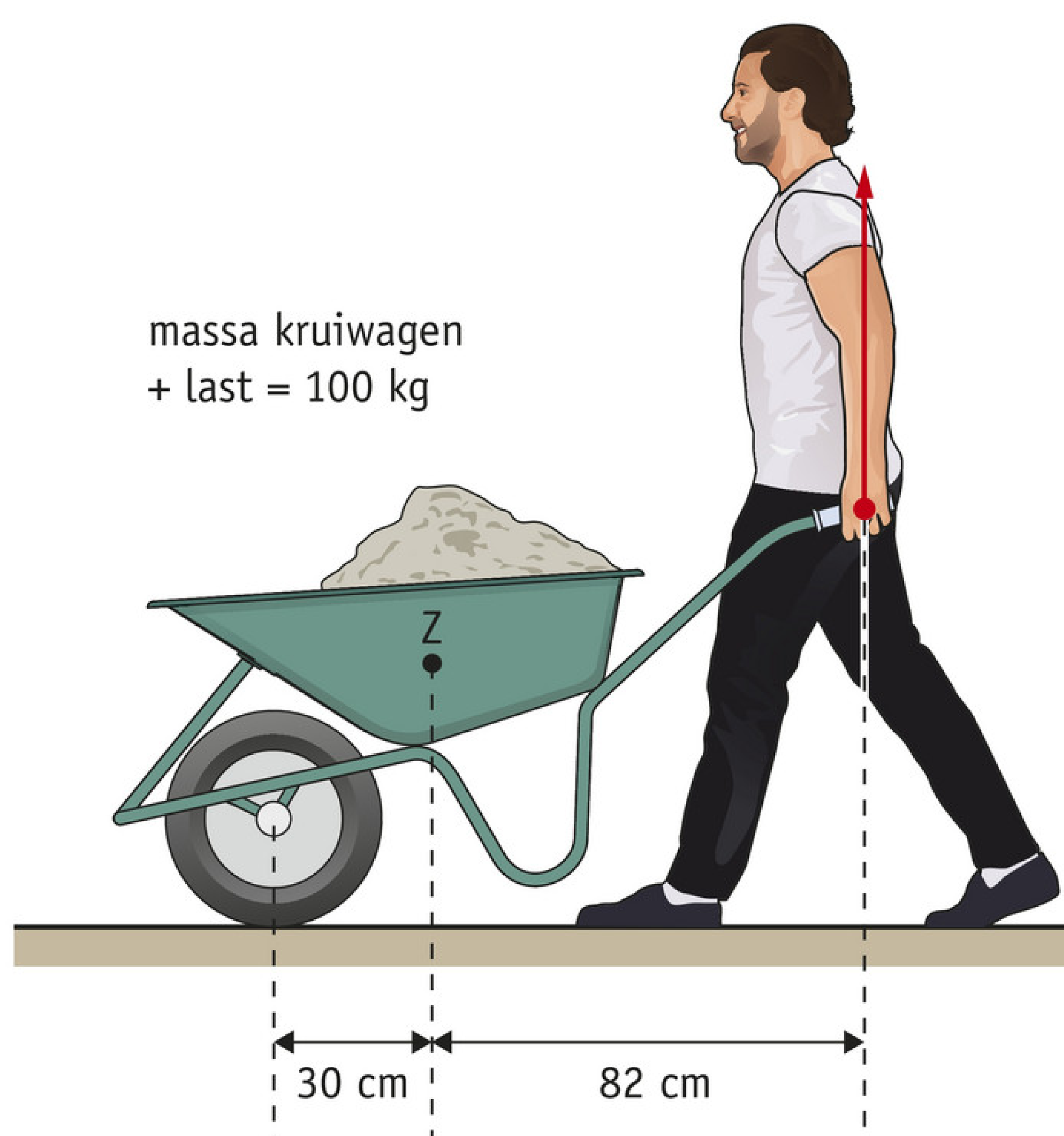
....

....

....

....

....



afbeelding 9 Hoe wordt hier evenwicht gemaakt?

7  Zie de vaardigheid *Werken met formules (in twee stappen)*.
Jantine tilt met een steekwagentje een kist van 50 kg op. Daarbij oefent ze een spierkracht F_s uit op de handvatten van het steekwagentje (afbeelding 10).

a Bereken hoe groot de kracht F_s minstens moet zijn.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

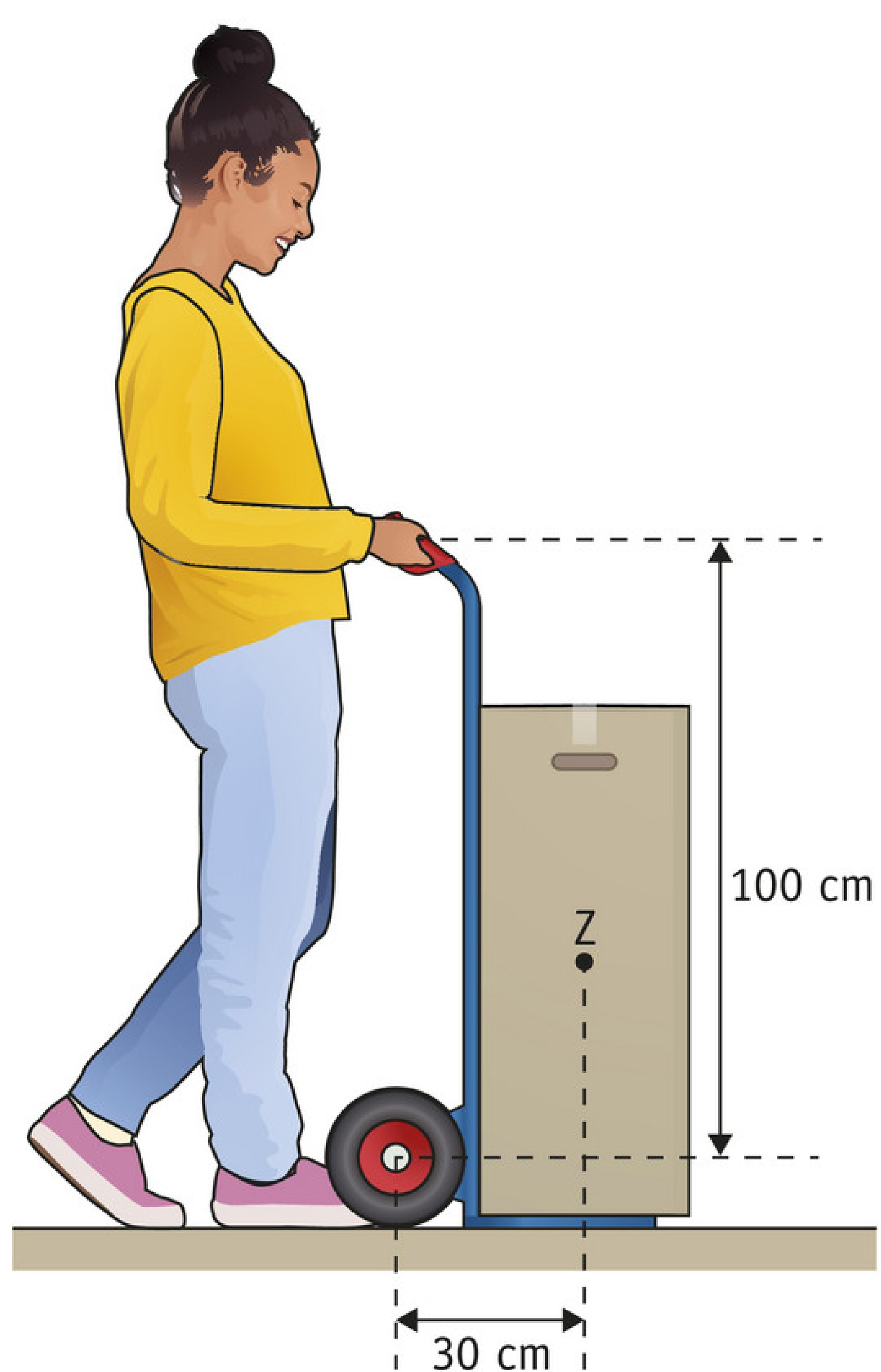
....

....

....

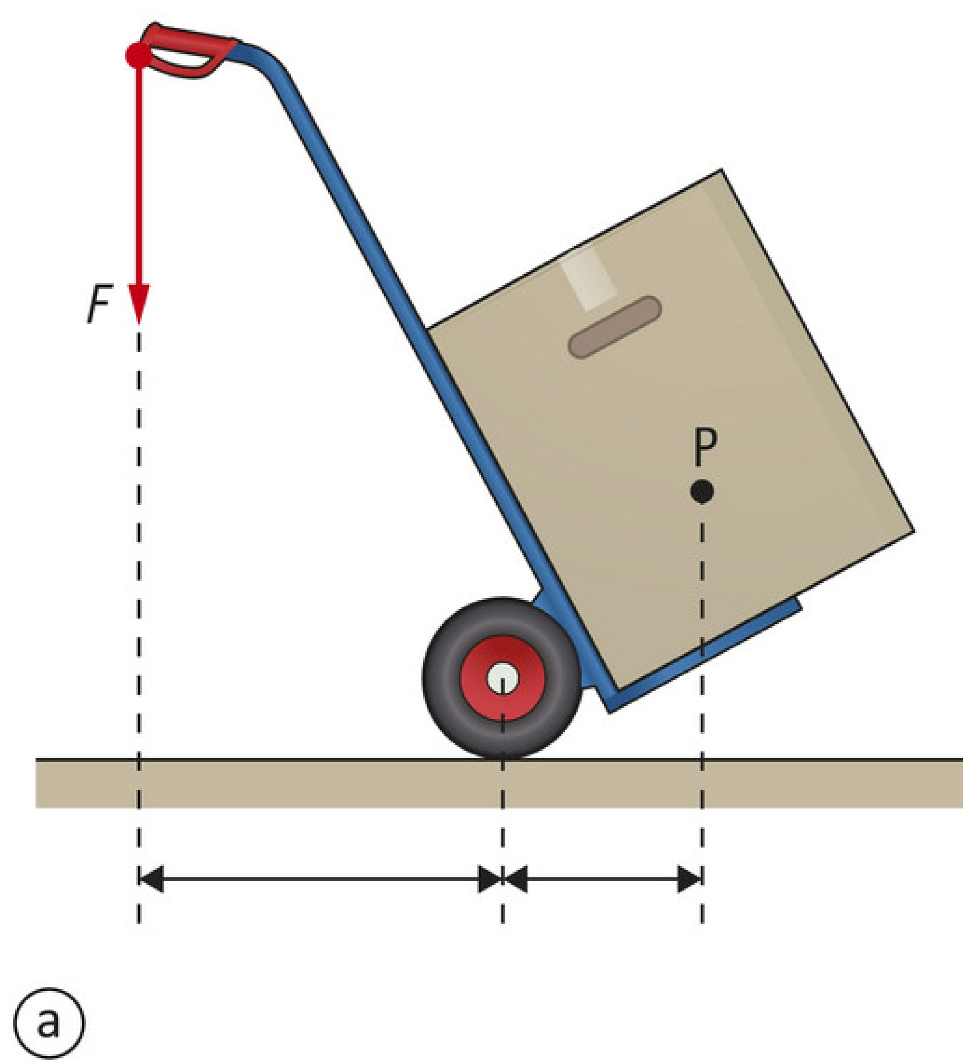
b Even later tilt Jantine met haar steekkar een doos op van 30 kg. Ze kan de steekkar in verschillende standen vasthouden (afbeelding 11).
In welk situatie is de spierkracht het kleinst?

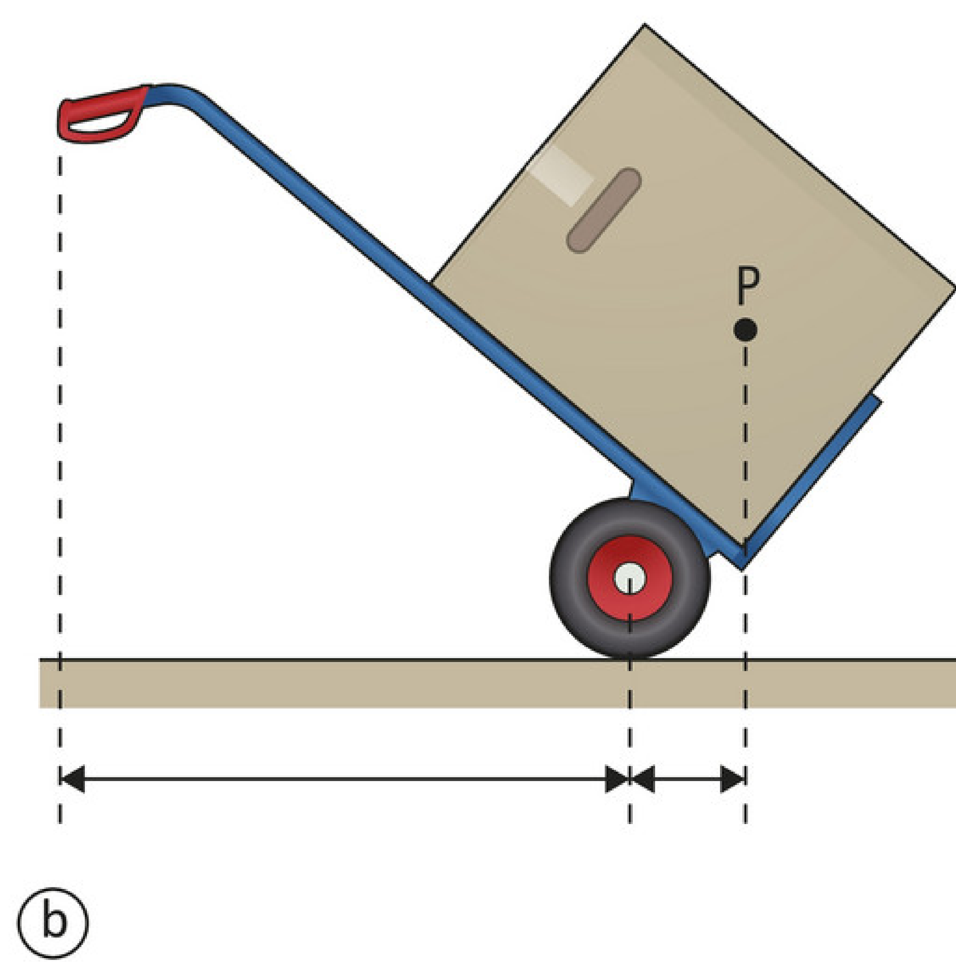
○ A in de situatie van afbeelding 11a
○ B in de situatie van afbeelding 11b
○ C in de situatie van afbeelding 11c

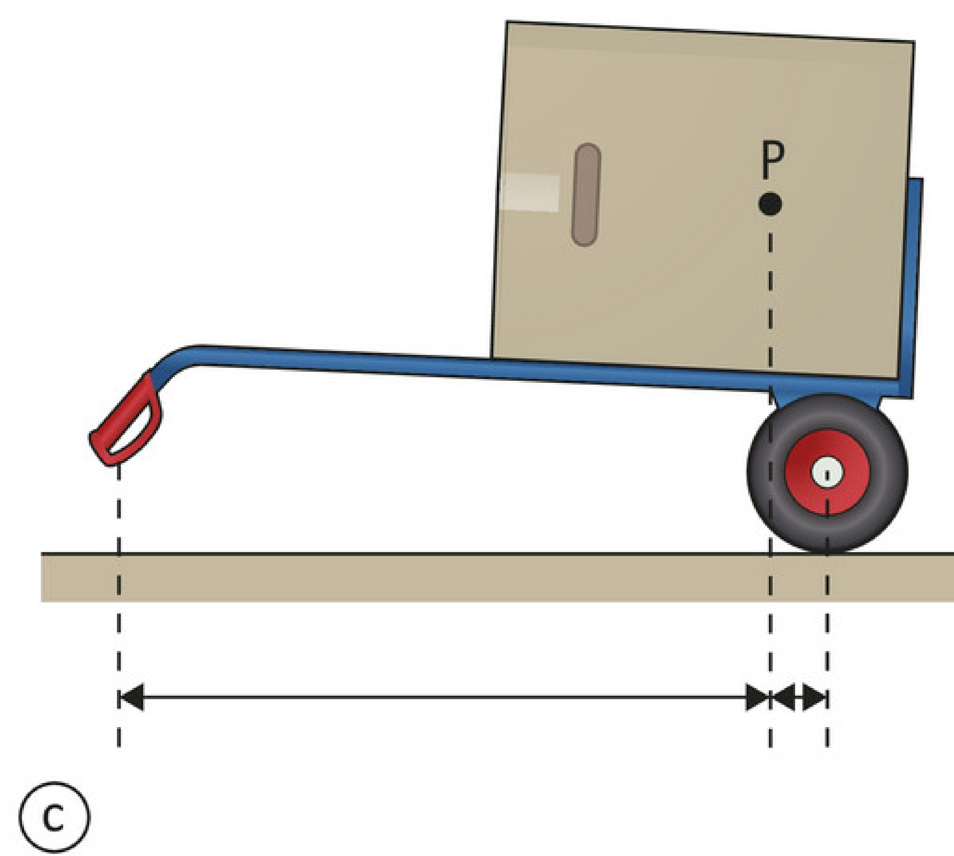


afbeelding 10 Werken met een steekwagentje is werken met momenten.

afbeelding 11 In welke situatie is de spierkracht het kleinst?







★ 8 Een plank van 3,0 m lengte en 2,0 kg ligt op de kade. De plank steekt 1,2 m buiten de kade uit (afbeelding 12). Een kitten (massa 800 g) loopt over de plank naar rechts.

a Geef in de afbeelding:
- met een punt en de letter P het draaipunt aan;
- met een punt en de letter Z het zwaartepunt van de plank aan.

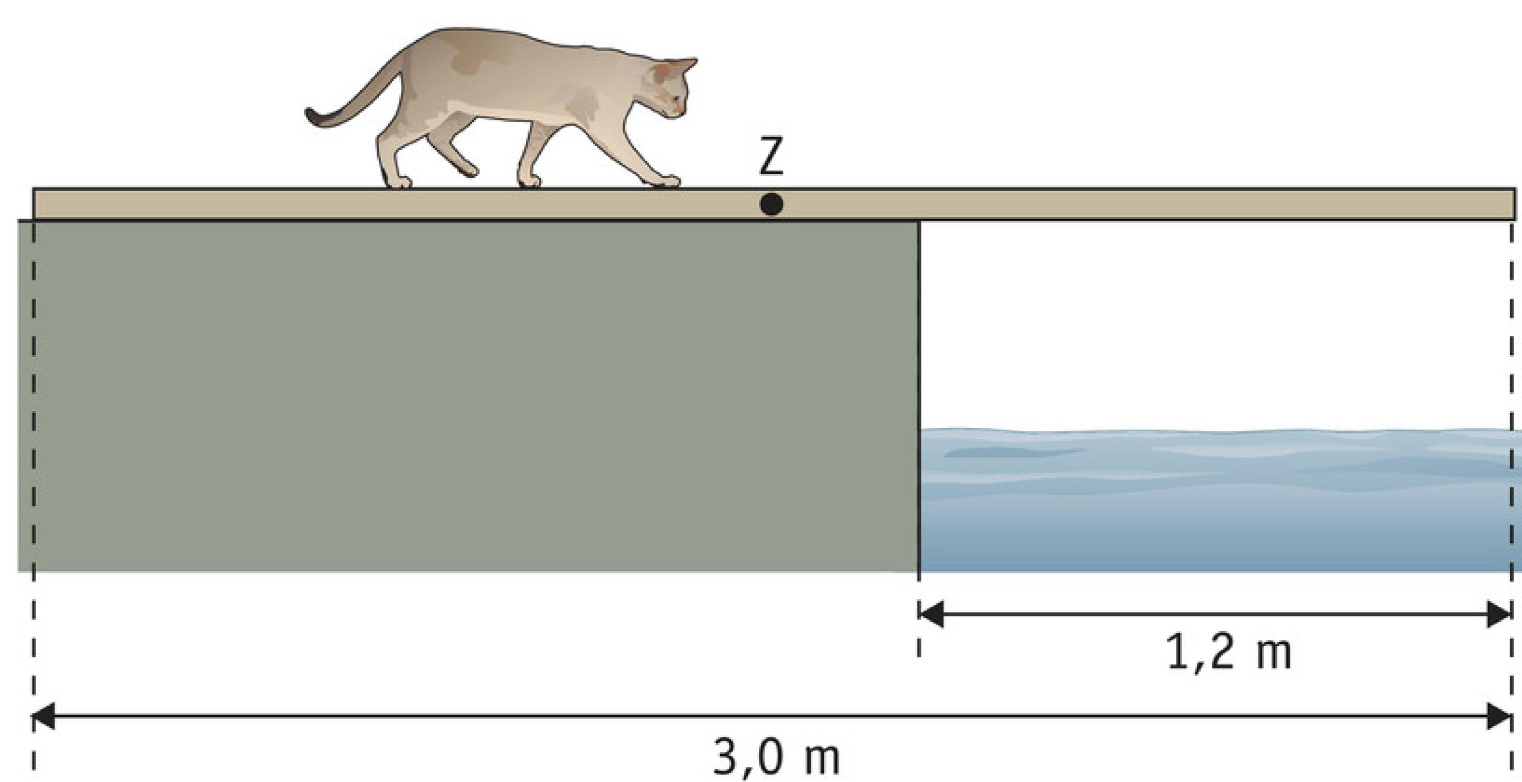
b Hoe groot is de arm van de zwaartekracht op de plank? ....

c Bereken hoe ver de kitten over de plank naar rechts kan lopen (vanaf het begin van de plank, links) voordat de plank gaat kantelen.

....

....

....



afbeelding 12 Wanneer begint de plank te kantelen?



Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Katrollen en takels

LEERDOELEN

14.3.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met een vaste katrol en met een losse katrol.
14.3.2 Je kunt met een tekening uitleggen hoe een takel in elkaar zit.
14.3.3 Je kunt uit het aantal katrollen van een takel afleiden hoeveel keer de hijskracht wordt vergroot en hoeveel keer de hijsafstand wordt verkleind.
14.3.4 Je kunt berekeningen uitvoeren met de rekenregel voor takels.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	14.3.1	14.3.2	14.3.3	14.3.4	10.1.5*
Onthouden	1bc	1a	1d, 2ab		
Begrijpen		7d	6abc		
Toepassen		8b, 7a	5ab	4ab, 8a, 7b	3
Analyseren		4c		7c	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Met een takel kun je voorwerpen omhooghijsen, die drie keer zo zwaar zijn als jezelf. Hoe ziet zo'n takel eruit?

DE VASTE KATROL

In afbeelding 1 zie je hoe een doos wordt opgehesen met behulp van een katrol. De katrol zit vast aan een balk en kan niet op en neer bewegen: het is een **vaste katrol**. De doos heeft een massa van 20 kg. Er hangt daardoor een last van 200 N aan het touw.

Om de doos omhoog te hijsen, moet je met een kracht van 200 N aan het touw trekken. In het begin is de hijskracht zelfs nog iets groter dan 200 N, anders komt de doos niet in beweging. Daarna is een hijskracht van 200 N genoeg om de doos verder te laten bewegen.

Een vaste katrol zorgt er niet voor dat je minder hard aan het touw hoeft te trekken. Hij verandert alleen de richting van de kracht. Toch is zo'n katrol een nuttig hulpmiddel. Het is gemakkelijker om een touw naar beneden te trekken dan een voorwerp op te tillen: je kunt met je hele gewicht aan het touw gaan hangen.



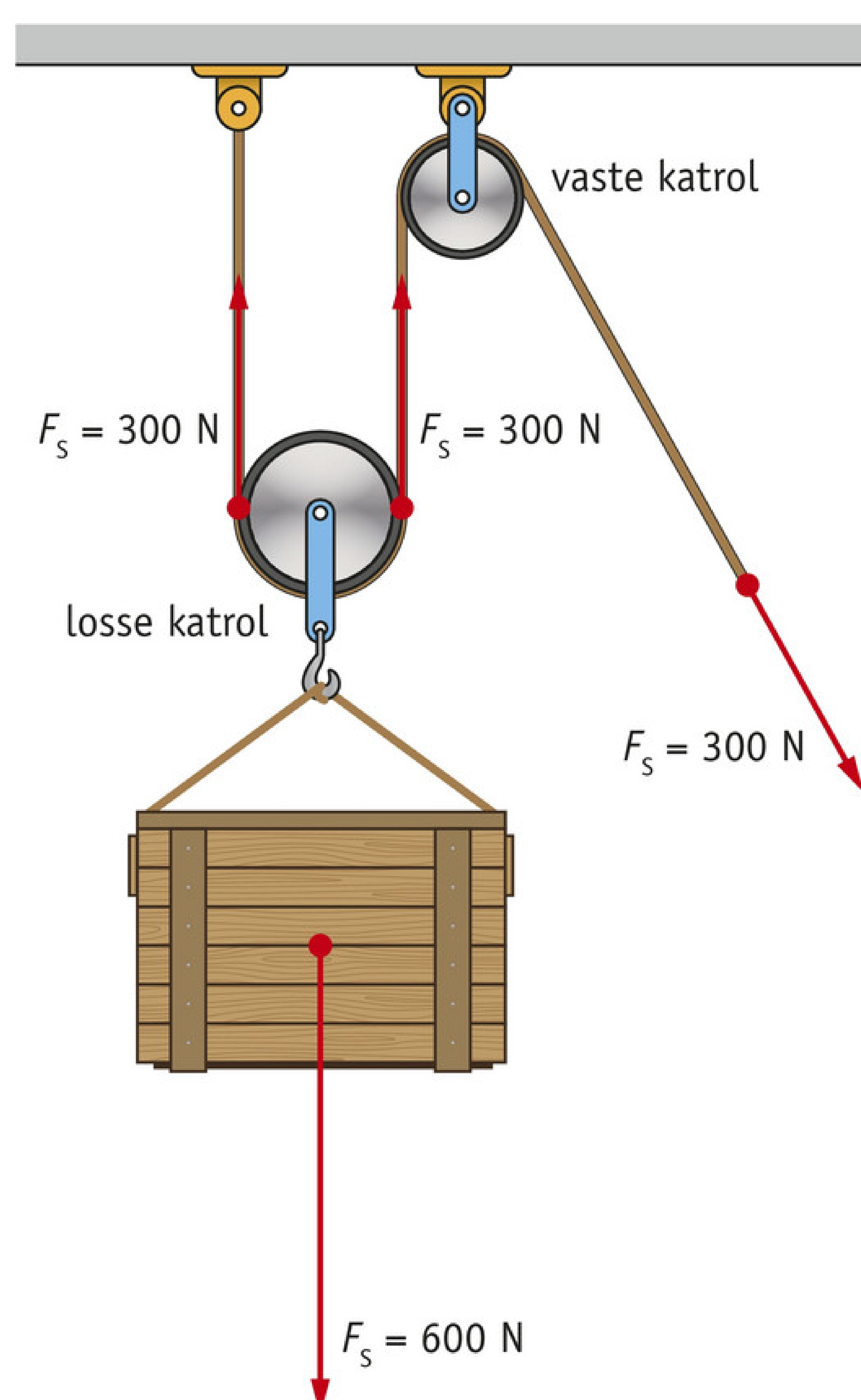
afbeelding 1 Hijsen met een vaste katrol.

HIJSEN MET EEN TAKEL

Veel voorwerpen zijn zo zwaar dat je ze met een vaste katrol niet omhoog kunt hijsen. Denk bijvoorbeeld aan een piano die je naar een zolderkamer wilt hijsen. Ook al ga je met je hele gewicht aan het touw hangen, de piano komt niet van zijn plaats. In dit soort situaties heb je een **takel** nodig.

In afbeelding 2 is een takel getekend met één vaste en één **losse katrol**. Een losse katrol beweegt op en neer, samen met het voorwerp dat wordt verplaatst. Het voorwerp hangt bij deze takel aan twee stukken touw: het ene uiteinde zit vast aan het plafond, het andere uiteinde heb je zelf in handen.

De kist in afbeelding 2 heeft een massa van 60 kg. De last is dus 600 N. Toch hoef je maar met een kracht van 300 N aan het touw te trekken. Dat komt doordat de kist aan twee stukken touw hangt. Elk stuk touw levert een kracht van 300 N: het stuk touw links doordat jij eraan trekt, het stuk touw rechts doordat het aan het plafond is vastgemaakt. Samen leveren de twee stukken touw 600 N en dat is genoeg om de kist op te hijsen.



afbeelding 2 Hijsen met een takel.

WINST EN VERLIES

PROEF 4

De takel in afbeelding 2 maakt de hijskracht op het voorwerp twee keer zo groot (vergeleken met een vaste katrol). Je hoeft maar met 300 N aan het touw te trekken om een voorwerp van 600 N omhoog te hijsen. Dat is de winst van de takel.

Maar een takel doet meer dan alleen de kracht 'vergroten'. Behalve winst is er ook verlies. In afbeelding 2 kun je zien waaraan dat ligt. De twee stukken touw waaraan de kist hangt, moeten allebei korter worden gemaakt. Daardoor gaat de kist maar één meter omhoog, als je het touw twee meter naar beneden trekt. Dat is het verlies van de takel.

Veel takels hebben meer dan twee katrollen (afbeelding 3). Hoe groter het aantal katrollen, des te groter wordt de hijskracht en des te kleiner de hijsafstand. Voor elke takel geldt de rekenregel:

Als het voorwerp aan n stukken touw hangt, wordt de hijskracht n keer zo groot en de hijsafstand n keer zo klein.

De hijskracht is de kracht die het touw op het voorwerp uitoefent. De hijsafstand is de afstand die het voorwerp omhoog beweegt.



afbeelding 3 Een kraan met zes vaste en zes losse katrollen.

VOORBEELDOPDRACHT 1

De takel in afbeelding 4 heeft zes katrollen: drie vaste en drie losse. Reza wil deze takel gebruiken om een last van 75 kg 8,0 m omhoog te hijsen.
Bereken hoe hard Reza aan het touw moet trekken.
Bereken ook hoeveel meter touw hij moet inhalen.

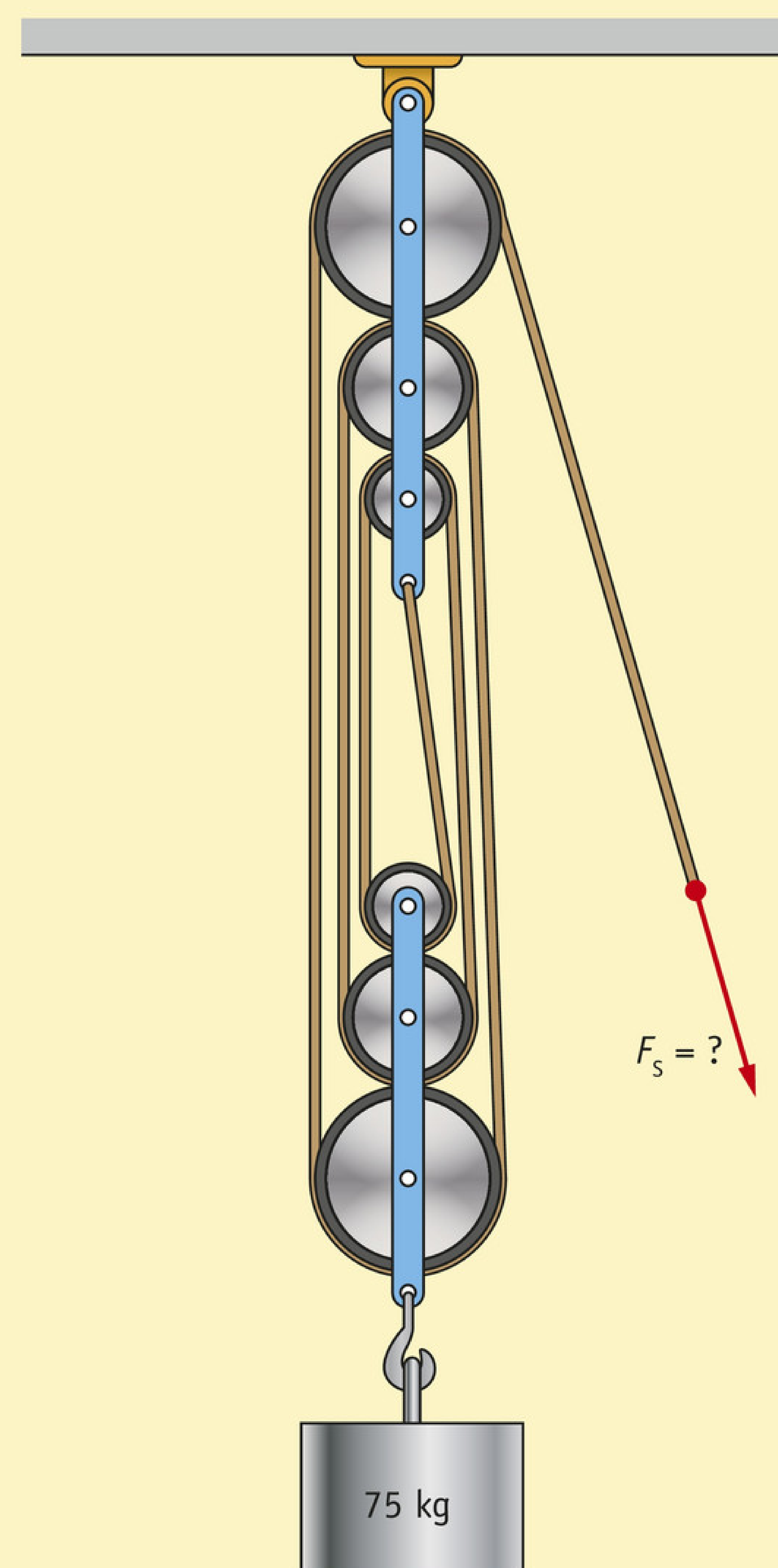
gegevens: Het voorwerp hangt aan zes stukken touw, dus $n = 6$.
$m = 75$ kg
$h = 8{,}0$ m

gevraagd: $F_s = ?$ N
$l = ?$ m

uitwerking: $F_z = m \cdot g = 75 \times 10 = 750$ N

$F_s = \frac{F_z}{n} = \frac{750}{6} = 125$ N

$l = h \cdot n = 8{,}0 \times 6 = 48$ m



afbeelding 4 Grotere kracht, kleinere hijsafstand.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Een .... is een combinatie van minstens één vaste en één losse katrol.

b Een .... katrol is zo vastgemaakt dat hij niet op en neer kan bewegen.

c Een .... katrol beweegt op en neer, samen met het voorwerp dat wordt opgehesen.

d Hoe groter het aantal katrollen in een takel, des te groter wordt de .... en des te kleiner wordt de ....

2 Voor het ophijsen van zware voorwerpen worden takels gebruikt met een groot aantal katrollen.
Als een voorwerp aan *n* stukken touw hangt, dan:

a wordt de .... keer zo groot;

b wordt de .... keer zo klein.

TOEPASSING

3 Robbert (86 kg) verhuist naar een appartement op de derde verdieping van een oud pakhuis. Hij gebruikt een vaste katrol om zijn meubels omhoog te takelen.
Bereken de maximale trekkracht die Robbert op het touw kan uitoefenen.

....

....

....

....

....

....

....

....

★ 4

Bij een verhuizing wordt een piano (m = 300 kg) 3,0 m omhooggetakeld (afbeelding 5).

a Hoeveel kracht moeten de verhuizers op het touw uitoefenen om de piano op te hijsen?
- ○ A 750 N
- ○ B 1500 N
- ○ C 3000 N
- ○ D 6000 N

b Hoeveel meter touw moeten de verhuizers inhalen om de piano 3,0 m omhoog te laten gaan?
- ○ A 1,5 m
- ○ B 3,0 m
- ○ C 4,5 m
- ○ D 6,0 m

c De verhuizers lopen achteruit waardoor het trektouw schuin komt te hangen. Verandert daardoor de kracht die de verhuizers nu moeten uitoefenen?
- ○ A Ja, deze wordt kleiner.
- ○ B Ja, deze wordt groter.
- ○ C Nee, deze blijft even groot.



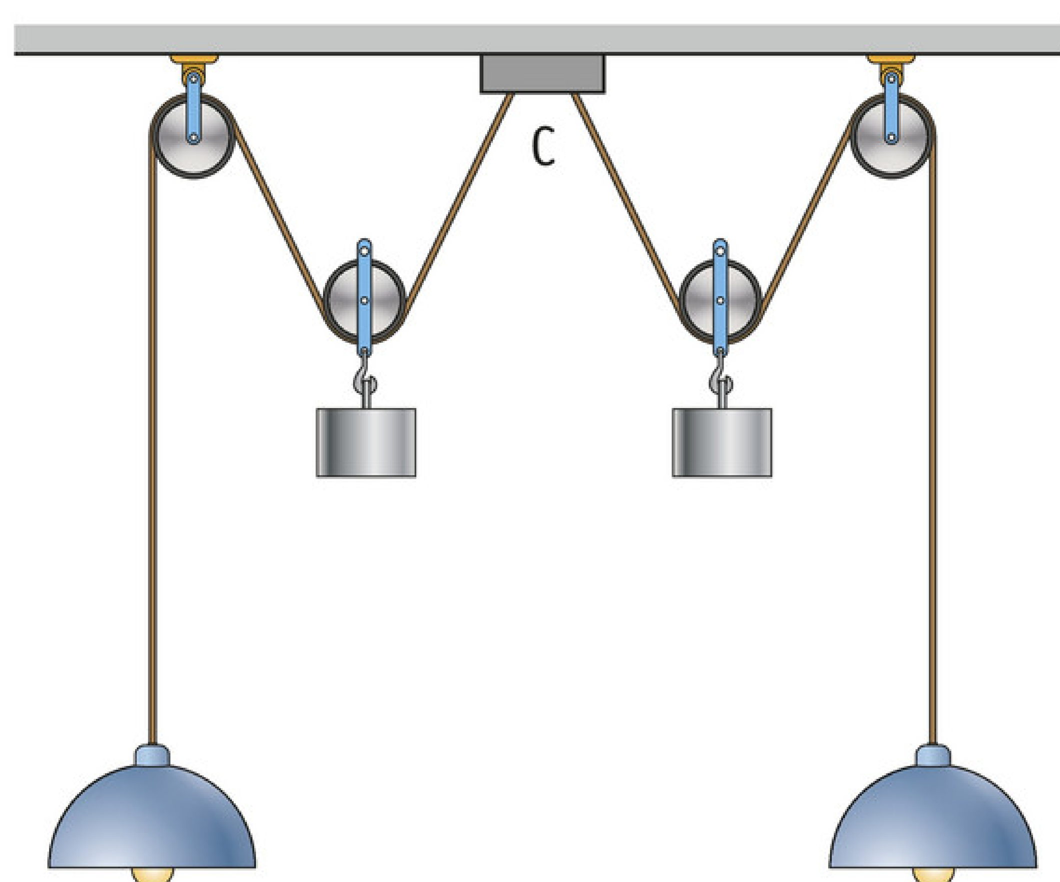
afbeelding 5 Een piano ophijsen met een takel.

★ 5

Pien heeft boven haar tafel een dubbele hanglamp. De hoogte van de lampen kan ze instellen met behulp van twee gewichten. Elk snoer loopt van contactpunt C via een losse katrol met een gewicht en een vaste katrol naar de lamp (afbeelding 6).

a De massa van het gewicht is ongeveer *twee keer zo klein* / *even groot* / *twee keer zo groot* als de massa van de lampenkap met lamp en fitting samen.

b Als Pien de lamp 20 cm omlaagbrengt, gaat het gewicht ongeveer *10 cm* / *20 cm* / *40 cm* omhoog.



afbeelding 6 De dubbele hanglamp van Pien.

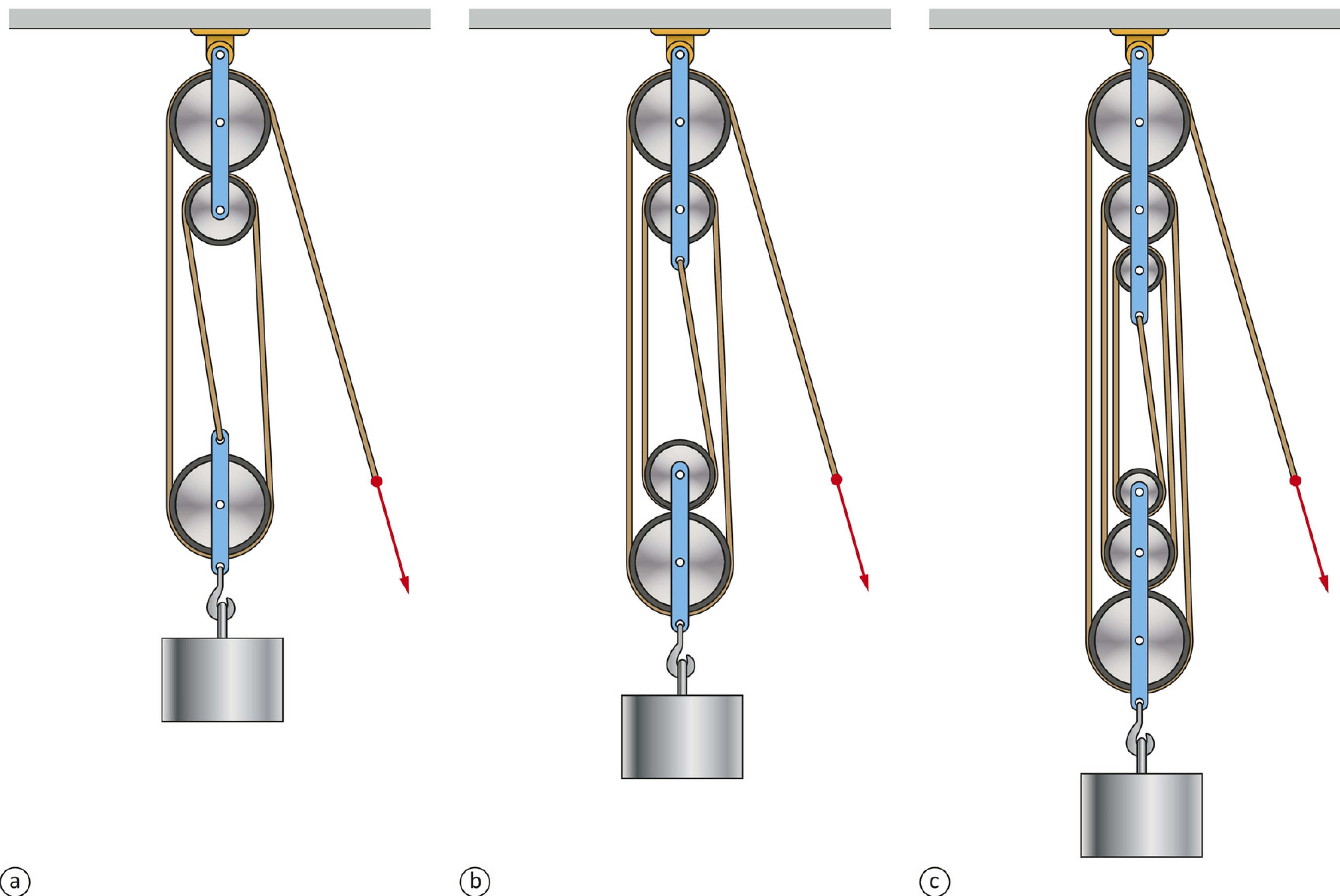
6 In afbeelding 7 zijn drie takels getekend.
Hoeveel keer groter wordt de hijskracht (en hoeveel keer kleiner de hijsafstand):

a bij de takel in afbeelding 7a? ....

b bij de takel in afbeelding 7b? ....

c bij de takel in afbeelding 7c? ....

afbeelding 7 Drie takels.



Werken als keurmeester **beroep**



Jeffrey (34) werkt als senior servicetechnicus en keurmeester bij een bedrijf dat takels en hijskranen verkoopt en onderhoudt. “Mijn werk begint als het product aan de klant is geleverd,” zegt hij. “Ik ben dan verantwoordelijk voor inspectie en onderhoud. Tegenwoordig werk ik ook als keurmeester. Dan controleer ik of het materiaal aan alle veiligheidseisen voldoet, en breng daarover rapport uit aan de klant.” Jeffrey heeft na zijn mbo-opleiding altijd voor hetzelfde bedrijf gewerkt. “De arbeidsvoorwaarden zijn hier goed en je wordt gestimuleerd om je verder te ontwikkelen. Toen ik een cursus wilde doen om keurmeester te worden, kreeg ik meteen alle medewerking. Je voelt je gewaardeerd en dat is voor mij erg belangrijk.”

★ 7

Lees de tekst ‘Werken als keurmeester’.
Met de kettingtakel in afbeelding 8 kun je zware voorwerpen zonder veel moeite omhooghijsen. Deze kettingtakel vergroot je kracht met tandwielen, die in de gele behuizing zitten opgeborgen.

a Waaraan kun je zien dat de lastketting veel grotere krachten moet opvangen dan de handketting?

....

....

....

b Als je de handketting 1 m naar beneden trekt, gaat de last 2,5 cm omhoog.
Hoeveel keer maakt de kettingtakel de hijsafstand dus kleiner?

....

....

c Aan de kettingtakel hangt een last van 450 kg.
Bereken met welke kracht je aan de handketting moet trekken om de last omhoog te hijsen. Gebruik de regel:
‘De hijskracht wordt *n* keer zo groot, als de takel de hijsafstand *n* keer zo klein maakt.’

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

d De tandwielen in de behuizing van de kettingtakel moet je regelmatig smeren.
Leg uit waarom dat nodig is.

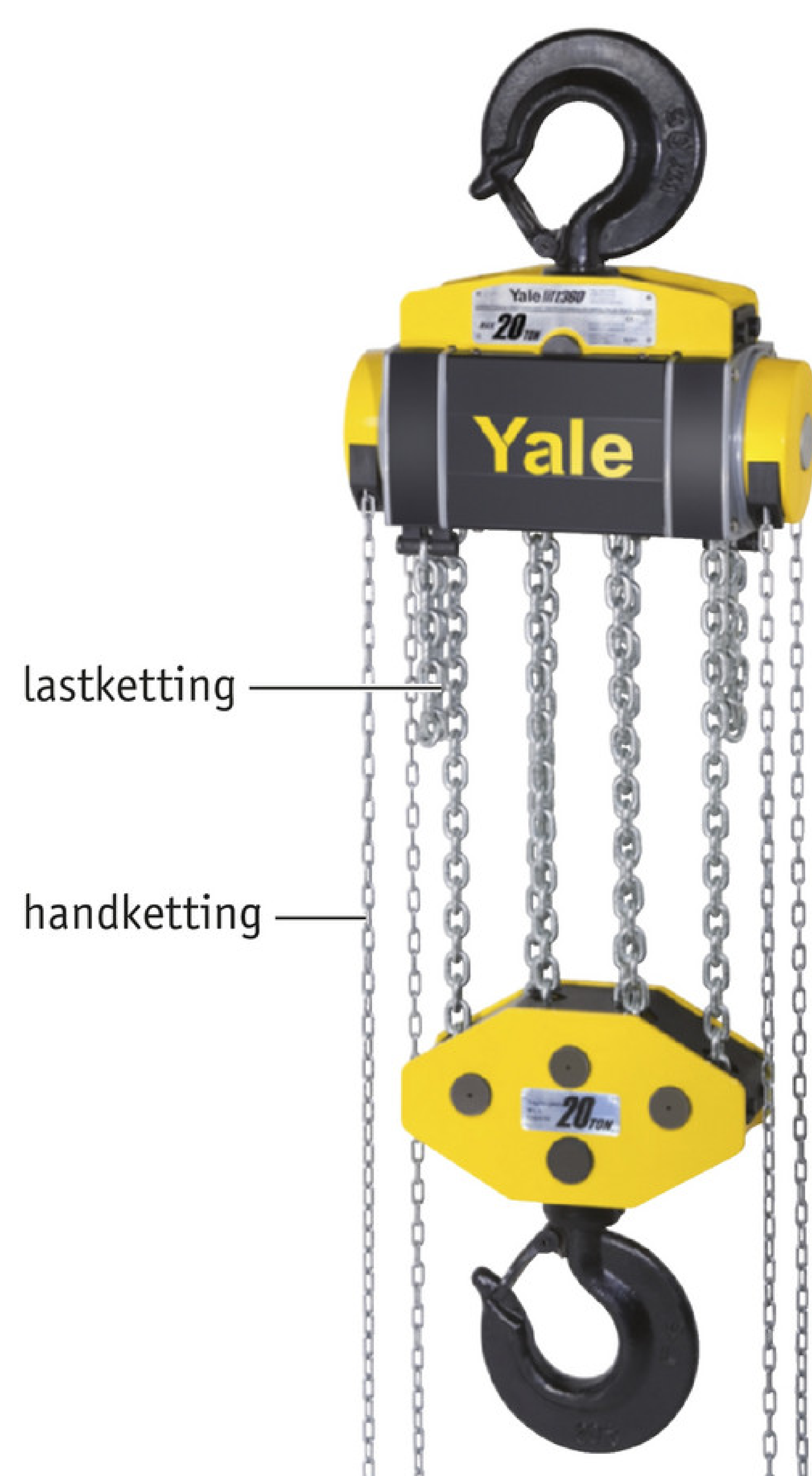
....

....

....

....

....



afbeelding 8 Een handkettingtakel met twee verschillende kettingen.

8  Francien (22 kg) heeft met haar vader (96 kg) gewed dat ze hem in haar eentje kan optillen. Maar de vader van Francien weet niet dat ze een takel heeft geleend.

a Hoeveel keer moet deze takel Franciens hijskracht vergroten?

....

....

....

b Teken een eenvoudige takel waarmee Francien haar weddenschap kan winnen. Teken niet meer katrollen dan nodig.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Druk

LEERDOELEN

14.4.1 Je kunt uitleggen welke twee dingen het vervormend effect van een kracht bepalen.
14.4.2 Je kunt benoemen wat druk is en in welke eenheden deze grootheid wordt gemeten.
14.4.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met de druk, de kracht en de oppervlakte.
14.4.4 Je kunt een gegeven druk omrekenen van N/cm² naar Pa en omgekeerd.
14.4.5 Je kunt voorbeelden geven van situaties waarin je de druk bewust klein houdt of vergroot.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	14.4.1	14.4.2	14.4.3	14.4.4	14.4.5	14.1.4*
Onthouden	1d	1ac	1b			
Begrijpen	6ac, 7a	9b	10c	5abcd, 8c	2, 3, 4abcdef	
Toepassen	7c, 9a		7de, 8ab, 10a			10b
Analyseren			6bd, 7b			

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Indra zakt door het ijs in een vijver. Haar moeder kruipt liggend op het ijs naar haar toe en trekt haar uit het water. Waarom loopt Indra's moeder niet gewoon over het ijs?

KRACHT EN OPPERVLAKTE

Als het veel heeft geregend, kan een boer niet zomaar met zijn trekker over de akkers rijden. De trekker zou te ver in de natte grond wegzakken. Om dat te voorkomen, kan de boer extra wielen op zijn trekker zetten. De trekker zakt dan lang zo ver niet weg (afbeelding 1).



afbeelding 1 Hoe meer banden, des te beter het gewicht wordt verdeeld.

Voor de vervorming die een kracht veroorzaakt, zijn twee dingen van belang:
- hoe groot de kracht is die wordt uitgeoefend;
- hoe groot het oppervlak is waarop de kracht werkt.

Hoe groter het oppervlak, des te beter wordt de kracht 'verdeeld' en des te kleiner is de vervorming. Daarom is het vaak handig om te kijken hoe groot de kracht per oppervlakte-eenheid is. Anders gezegd: hoe groot de **druk** is.

DRUK BEREKENEN

Je kunt de druk uitrekenen met de formule:

$$p = \frac{F}{A}$$

In deze formule is:

- *p* de grootte van de druk in pascal (Pa);
- *F* de grootte van de kracht in newton (N);
- *A* de oppervlakte waarop de kracht werkt in vierkante meter (m^2).

Per definitie geldt dus dat 1 Pa = 1 N/m^2. Je kunt de oppervlakte ook invullen in cm^2. In dat geval vind je de druk in N/cm^2.

Soms is het nodig om een druk om te rekenen van de ene eenheid in de andere. In voorbeeldopdracht 1 zie je hoe je dat doet.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een personenauto oefent een druk op de grond uit van 25 N/cm^2.
Hoeveel Pa is dat?

Uitwerking

Je moet omrekenen van N/cm^2 naar N/m^2 (Pa).
Er geldt: 1 m^2 = $1{,}0 \cdot 10^4$ cm^2 (*BINAS* tabel 2 *Omrekenregels*).

Dus: $\frac{25\ N}{1\ cm^2} = \frac{25 \cdot 10^4\ N}{1{,}0 \cdot 10^4\ cm^2} = \frac{250 \cdot 10^3\ N}{1\ m^2} = 250\ kPa$

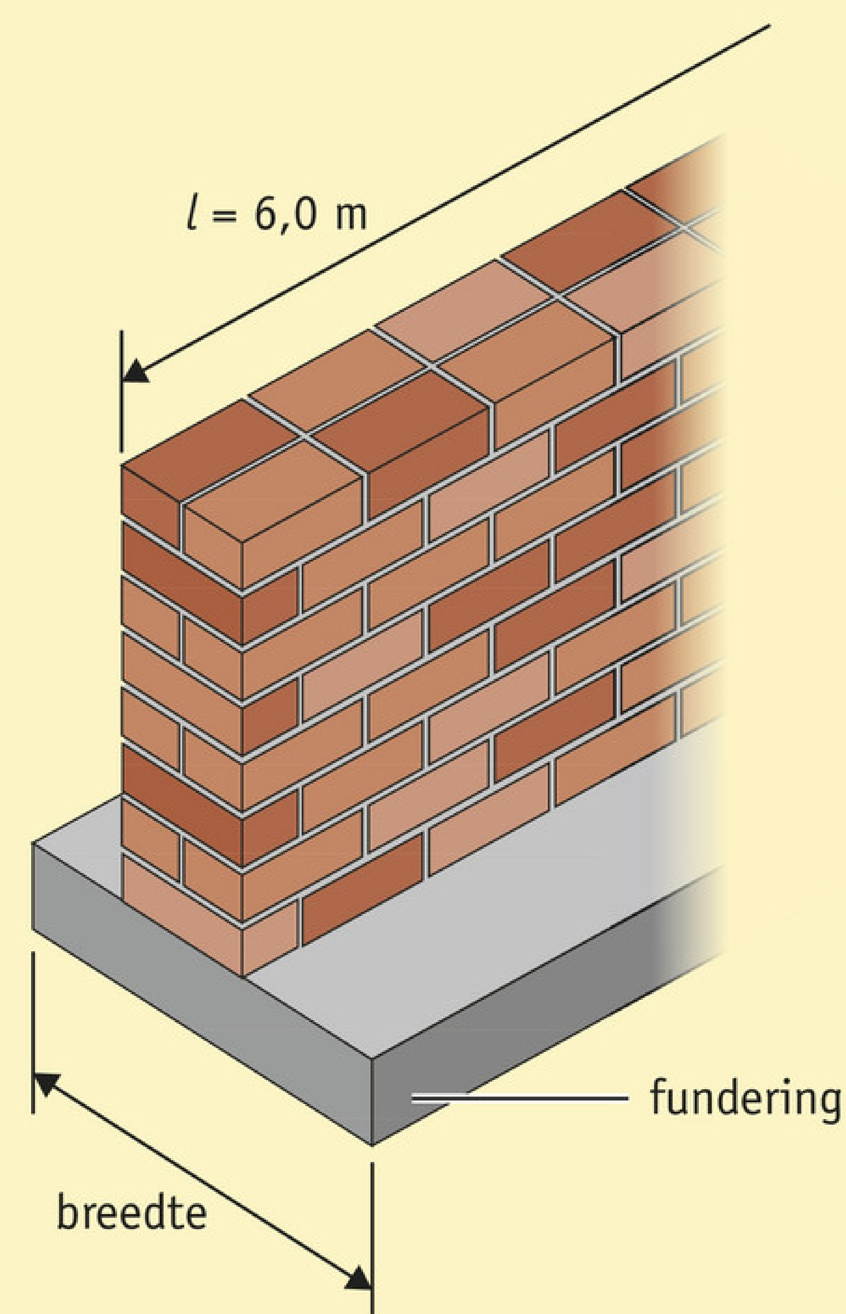
DE DRUK KLEINER MAKEN

In veel situaties wil je dat de druk onder een bepaalde waarde blijft. Als je een muurtje langs een terras bouwt, mag de druk op de bodem niet te groot worden. Anders zal het muurtje na verloop van tijd in de grond wegzakken.

Je kunt de druk klein houden door lichte bouwmaterialen te gebruiken. Dan doe je iets aan de kracht die wordt uitgeoefend. Meestal is het praktischer om de oppervlakte waarop de kracht werkt, te vergroten. Je maakt bijvoorbeeld een fundering die veel breder is dan de muur zelf. De druk op de bodem wordt dan niet zo groot dat de muur gaat verzakken.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Een bouwvakker metselt een muur. De muur en de fundering hebben een lengte van 6,0 m (afbeelding 2). De totale massa van alle bouwmaterialen is $1{,}2 \cdot 10^4$ kg.
In de voorschriften staat dat de druk die de muur op de grond uitoefent maximaal 8,0 N/cm² mag zijn. Je hoeft geen rekening te houden met het zand dat op de fundering drukt.
Bereken hoe breed de fundering ten minste moet zijn.



afbeelding 2 Hoe breed moet de fundering zijn?

gegevens $m = 1{,}2 \cdot 10^4$ kg
$l = 6{,}0$ m
$p = 8{,}0$ N/cm²

gevraagd $b = ?$ cm

uitwerking $F_z = m \cdot g = 1{,}2 \cdot 10^4 \times 10 = 1{,}2 \cdot 10^5$ N

$$A = \frac{F}{P} = \frac{1{,}2 \cdot 10^5}{8{,}0} = 1{,}5 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 1{,}5 \text{ m}^2$$

$$b = \frac{A}{l} = \frac{1{,}5}{6{,}0} = 0{,}25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

De fundering moet dus minstens 25 cm breed zijn.

DE DRUK GROTER MAKEN

Er zijn ook allerlei situaties waarin de druk juist wel groot moet zijn. Je kunt daarvoor zorgen door het oppervlak zo klein mogelijk te maken. Denk bijvoorbeeld aan het snijvlak van een mes (afbeelding 3), de scherpe kant van een bijl, de bek van een nijptang, de punt van een naald, enzovoort.



afbeelding 3 Het snijvlak van een scherp mes heeft een heel klein oppervlak.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Vul in.

a De druk is gelijk aan de .... per oppervlakte-eenheid.

b Als je in de formule $p = \frac{F}{A}$:

- de .... invult in N,
- en de .... in m^2,
- dan vind je de .... in Pa.

c 1 .... (Pa) is per definitie gelijk aan 1 ....

per .... (....................).

d Je kunt de druk kleiner maken door:

- de .... kleiner te maken;
- de .... groter te maken.

2 Een zware vrachtwagen kan over zand rijden zonder erin weg te zakken.
Hoe wordt ervoor gezorgd dat die druk op de bodem niet te groot wordt?

....

....

....

....

3 Er zijn allerlei situaties waarin de druk niet klein, maar juist heel groot moet zijn.
Noteer een duidelijk voorbeeld dat niet in de tekst staat.

....

....

....

....

TOEPASSING

4 Gebruik de begrippen 'oppervlak' en 'druk' en leg uit.

a Waarom heeft een spijker een scherpe punt?

....

....

....

b Waarom heeft een rugzak brede draagbanden?

....

....

....

c Waarom heeft een tank geen wielen, maar rupsbanden?

....

....

....

d Waarom wordt onder de wielen van een auto vaak een plank gelegd als hij in de modder is weggezakt?

....

....

....

e Waarom wordt de auto van opdracht d eerst zo veel mogelijk uitgeladen?

....

....

....

f Waarom wordt een mes geslepen als het bot is geworden?

....

....

....

5 Zie de vaardigheid *Werken met eenheden*.
Reken de volgende gegevens om naar pascal (Pa).

a 25 N/cm² $= \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{cm}^2} = \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{m}^2} = 2{,}5 \cdot 10^5$ Pa

b 850 N/cm² $= \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{cm}^2} = \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{m}^2} =$ .... Pa

c 4,2 N/cm² $= \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{cm}^2} = \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{m}^2} =$ .... Pa

d 0,5 N/mm² $= \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{mm}^2} = \dfrac{\dots\dots\ \text{N}}{\dots\dots\ \text{m}^2} =$ .... Pa

6 Een kiepwagen rijdt over een asfaltweg. De massa van de kiepwagen en de lading samen is 70 800 kg. Het contactoppervlak tussen één van de banden en de weg is 3800 cm². De kiepwagen heeft zes banden.

a Hoe groot is de oppervlakte waarop het gewicht van de kiepwagen rust?

....

....

b Bereken de druk die de kiepwagen op de weg uitoefent.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c De kiepwagen komt daarna bij een modderig bouwterrein. Daar rijdt hij over staalplaten die op het terrein zijn gelegd (afbeelding 4). De platen zijn 5,0 m lang en 1,4 m breed. De kiepwagen staat op vier rijplaten.
Hoe groot is de totale oppervlakte die nu op de modder drukt?

....

....

....

....

....

....

d Bereken de druk die door de staalplaten op de bodem wordt uitgeoefend.

....

....

....

....

....

e De druk die je bij opdracht d berekend hebt, is eigenlijk te klein.
Wat is in deze berekening over het hoofd gezien?

....

....

....



afbeelding 4 Dankzij de staalplaten zakt het werkverkeer niet weg.

7 Een baksteen meet 21 cm bij 10 cm bij 6,5 cm. De massa van de baksteen is 3,2 kg. Je kunt de baksteen op verschillende zijvlakken neerleggen (afbeelding 5).

a Op welk zijvlak moet je de baksteen neerleggen, om de druk op de grond zo klein mogelijk te houden?

....

....

....

b Bereken hoe groot de druk in dat geval is.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c Op welk zijvlak moet je de baksteen neerleggen, om de druk op de grond zo groot mogelijk te maken?

....

....

....

d Bereken hoe groot de druk in dat geval is.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....



afbeelding 5 Een baksteen neergelegd op drie zijvlakken.

8 Peter duwt met zijn duim een punaise in een stuk hout. De kop van de punaise heeft een oppervlakte van 66 mm^2. De punt van de punaise heeft een oppervlakte van 0,05 mm^2. Peter duwt op de punaise met een kracht van 30 N.

a Bereken de druk van de duim op de kop van de punaise in N/cm^2.

....

....

....

....

....

b Bereken de druk van de punt van de punaise op het hout in N/cm^2.

....

....

....

....

....

c Reken je antwoorden bij opdracht a en b om in Pa.

....

....

....

★ 9 In afbeelding 6 zie je de fundering van een dubbele muur (spouwmuur). Het oppervlak waarop het gewicht van de muur drukt, wordt door de fundering groter gemaakt.

a Bepaal uit de tekening, hoeveel keer de oppervlakte groter wordt.

....

....

....

....

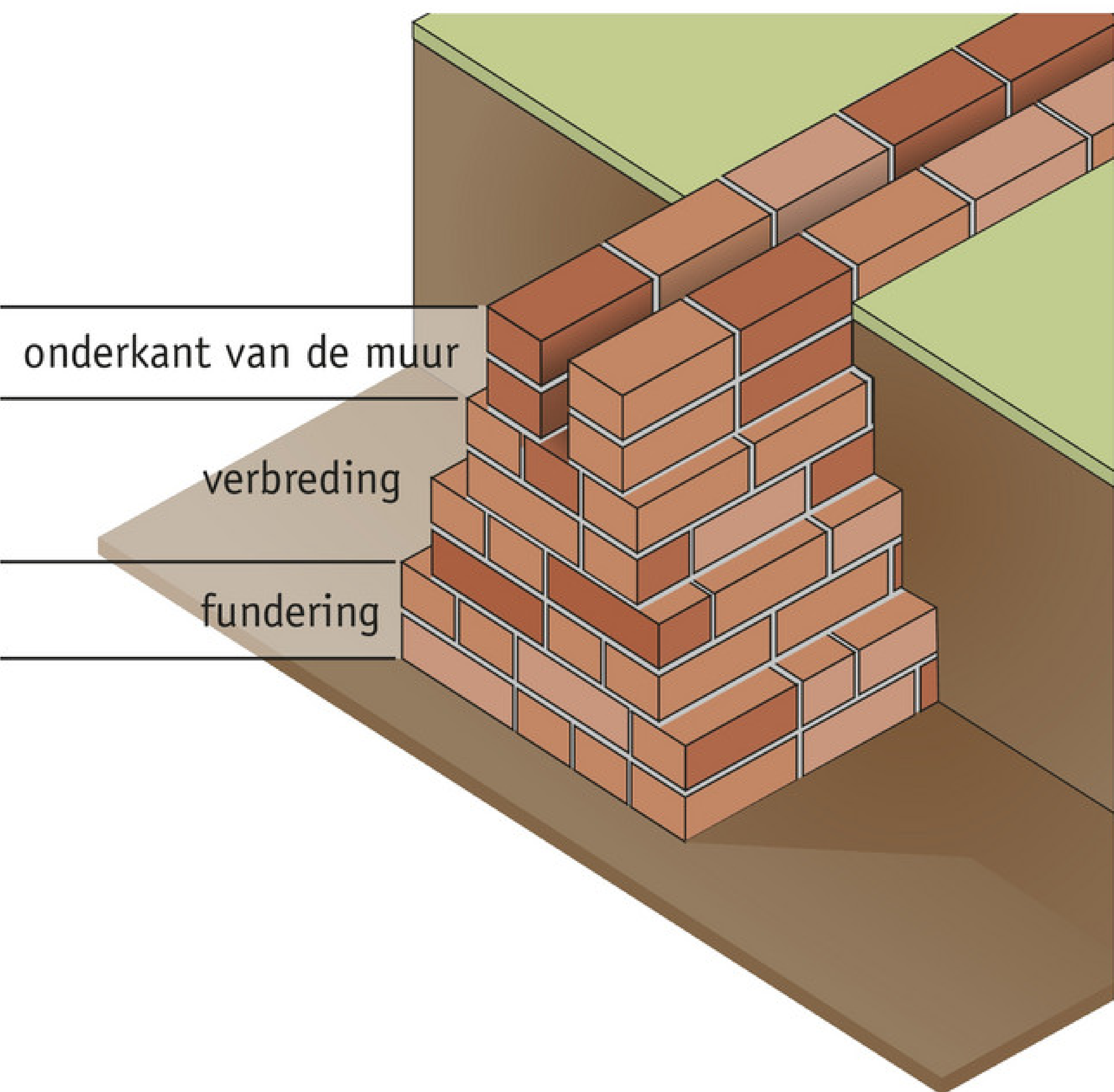
....

b Leg uit dat de fundering de druk op de bodem vermindert.

....

....

....



afbeelding 6 Een fundering vermindert de druk op de bodem.

10 Bilal gebruikt een gatentang om een extra gat in zijn riem te maken. De tang heeft snijbuisjes met verschillende diameters (afbeelding 7). Bilal kiest een snijbuis en legt de riem in de tang. Hij knijpt de handvatten samen. De kracht van de snijbuis op de riem bij het maken van het gat is 35 N. De snijbuis heeft een contactoppervlak van 0,050 cm^2 met de riem.

a Bereken de druk onder het contactoppervlak.

....

....

....

....

....

afbeelding 7 Bilal gebruikt de gatentang.



a Zo maak je een gaatje in een riem.



b de snijbuisjes

b In afbeelding 8 staan de gegevens bij het samenknijpen van de tang. D is het draaipunt en bij A wordt de kracht op de riem uitgeoefend. B is de werklijn van de spierkracht. Bereken de totaal benodigde spierkracht bij B.

....

....

....

....

....

....

....

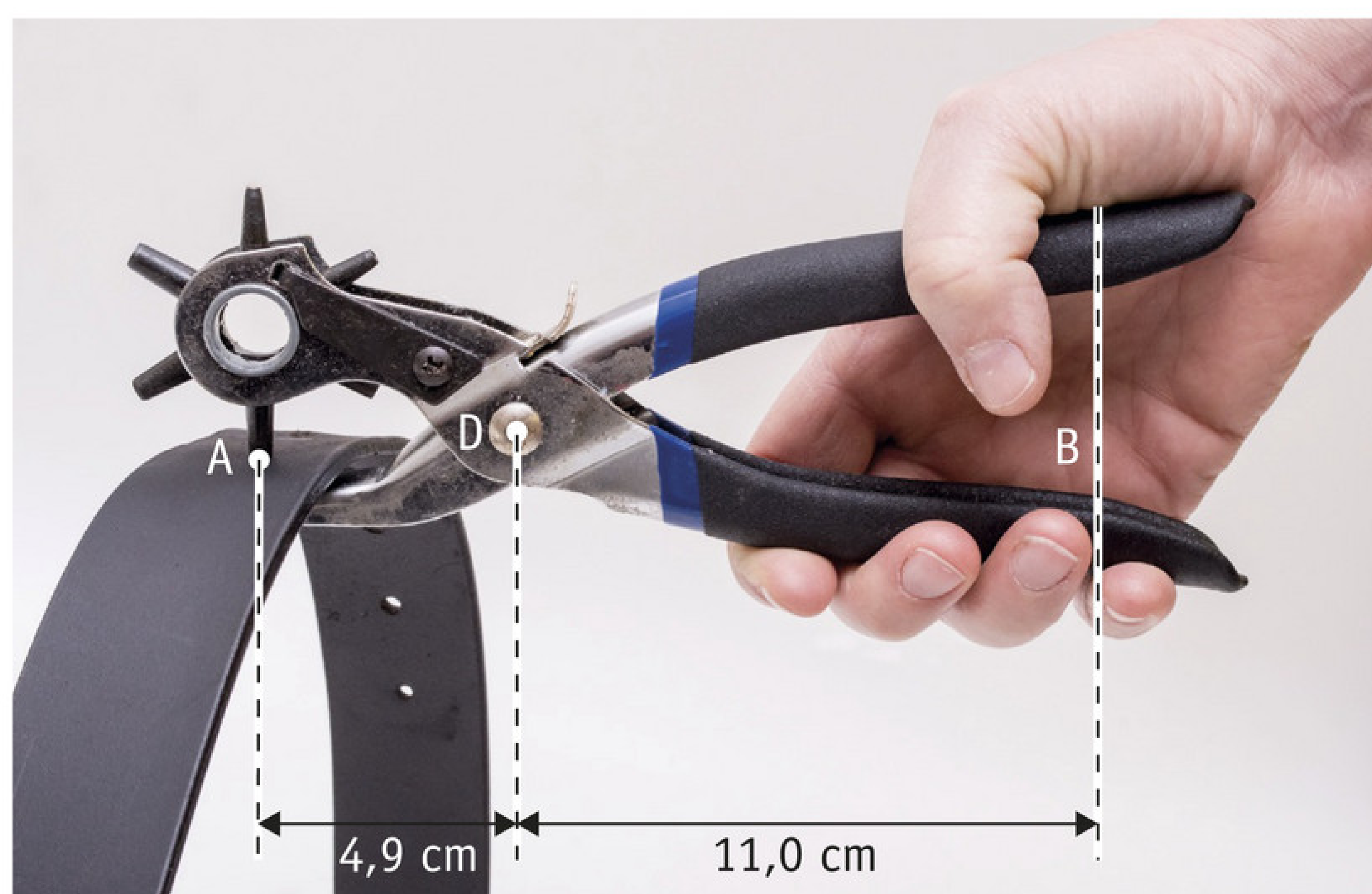
....

....

c Bilal maakt een groter gat in de riem. Hij knijpt de handvatten op dezelfde plaats samen. Een snijbuis met een grotere diameter heeft een groter contactoppervlak. Wat is het gevolg voor de benodigde spierkracht?

○ A Die is groter.
○ B Die is kleiner.
○ C Die blijft gelijk.

naar: examen 2021-II



afbeelding 8 De gegevens bij het samenknijpen van de tang.

Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 EEN REGEL VOOR EVENWICHT

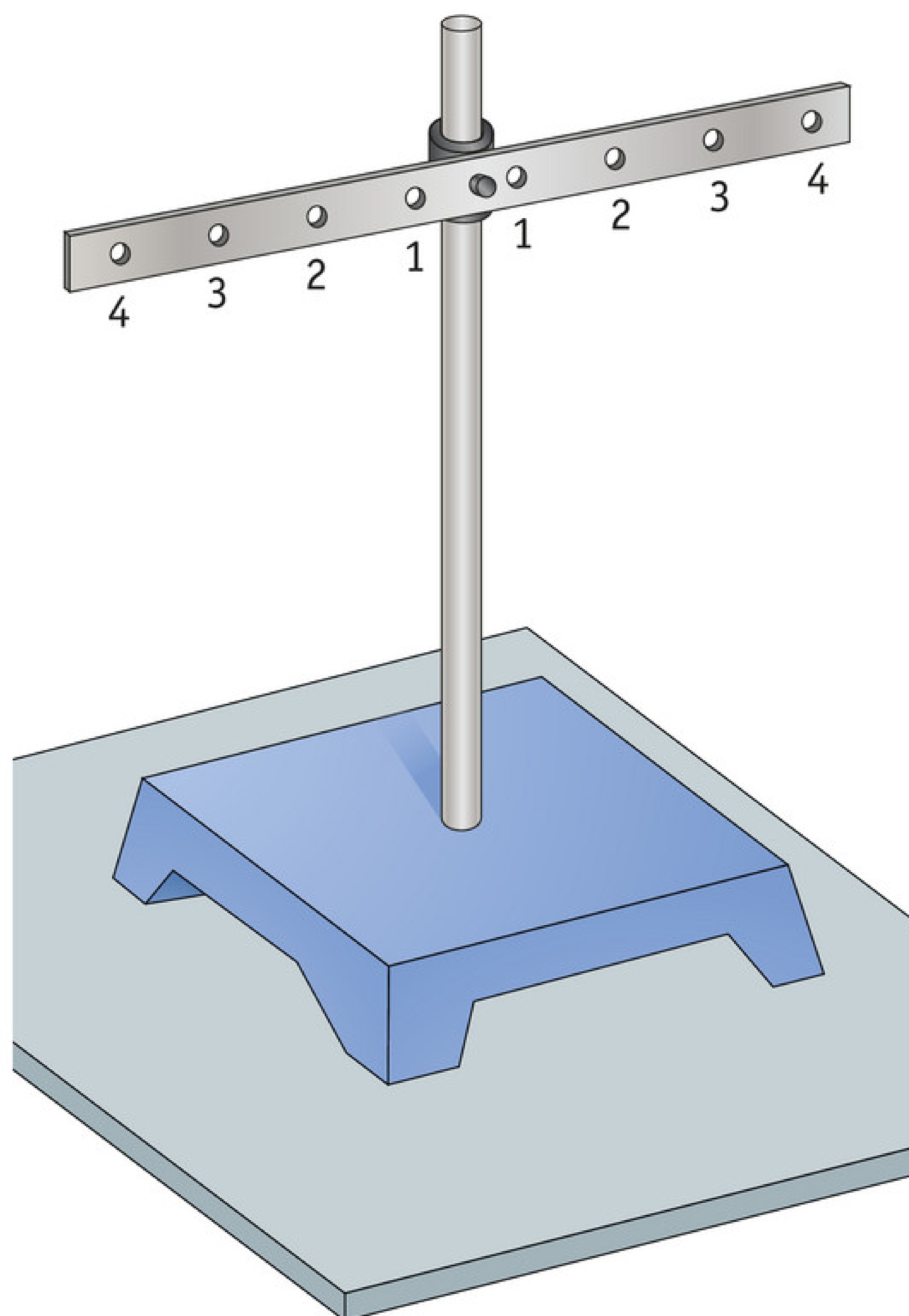
20 minuten

Inleiding
Hefbomen gebruik je elke dag. Flessenopeners, steeksleutels, fietstrappers, tangen, scharen: het zijn allemaal hefbomen. Zelfs voor zoiets eenvoudigs als het opendoen van een deur heb je al een hefboom nodig.

Doel
Je onderzoekt wanneer een hefboom in evenwicht is. De onderzoeksvraag luidt:
Welke regel is er voor het evenwicht van een hefboom?

Nodig
- ☐ statiefmateriaal
- ☐ hefboom met gaatjes
- ☐ 8 gewichtjes

Uitvoeren en uitwerken
- Maak de opstelling die in afbeelding 1 is getekend. Als de hefboom horizontaal hangt, is hij in evenwicht.
- Hang één gewichtje in gaatje 4 links van het ophangpunt; het evenwicht wordt dan verstoord.
- Breng de hefboom in evenwicht door gewichtjes te hangen in gaatje 1 rechts.



afbeelding 1 De opstelling van proef 1 en 2.

1 Hoeveel gewichtjes zijn er nodig om evenwicht te maken?
Noteer dit aantal op de juiste plaats in tabel 1.

- Haal de gewichtjes in gaatje 1 rechts weer weg.
- Hang gewichtjes in gaatje 2 rechts, tot er evenwicht is.

2 Hoeveel gewichtjes zijn er nodig om evenwicht te maken?
Noteer dit aantal op de juiste plaats in tabel 1.

- Haal de gewichtjes in gaatje 2 rechts weer weg.
- Hang gewichtjes in gaatje 4 rechts, tot er evenwicht is.

3 Noteer het aantal gewichtjes weer in tabel 1.

- Bedenk zelf wat je moet doen om de rest van de tabel in te kunnen vullen.

4 Noteer alle uitkomsten in tabel 1.

tabel 1 De meetresultaten van proef 1.

linkerkant van de hefboom	rechterkant van de hefboom	
1 gewichtje in gaatje 4		gewichtje(s) in gaatje 1
1 gewichtje in gaatje 4		gewichtje(s) in gaatje 2
1 gewichtje in gaatje 4		gewichtje(s) in gaatje 4
2 gewichtjes in gaatje 3		gewichtje(s) in gaatje 1
2 gewichtjes in gaatje 3		gewichtje(s) in gaatje 2
2 gewichtjes in gaatje 3		gewichtje(s) in gaatje 3

5 Welke regel kun je uit tabel 1 afleiden? Schrijf die regel in eigen woorden op.

....

....

....

....

PROEF 2 VOORSPELLEN EN CONTROLEREN

20 minuten

Inleiding

Met behulp van de momentenwet kun je voorspellen of een hefboom in evenwicht is of niet.

Doel

Je doet voorspellingen met de momentenwet en controleert die voorspellingen.

Nodig

- ☐ statiefmateriaal
- ☐ hefboom met gaatjes
- ☐ 9 gewichtjes

Uitvoeren en uitwerken

- Je gaat opnieuw aan het werk met de hefboom van afbeelding 1.
- In tabel 2 worden zes situaties beschreven.
- Bereken hoe je in elke situatie evenwicht kunt maken. De laatste twee situaties zijn iets moeilijker dan de andere.

1 Noteer het aantal gewichtjes steeds met potlood in tabel 2.

tabel 2 De meetresultaten van proef 2.

linkerkant van de hefboom	rechterkant van de hefboom	
1 gewichtje in gaatje 2		gewichtje(s) in gaatje 1
2 gewichtjes in gaatje 2		gewichtje(s) in gaatje 1
3 gewichtjes in gaatje 2		gewichtje(s) in gaatje 1
2 gewichtjes in gaatje 4		gewichtje(s) in gaatje 2
1 gewichtje in gaatje 4 1 gewichtje in gaatje 2		gewichtje(s) in gaatje 3
2 gewichtjes in gaatje 4 1 gewichtje in gaatje 1		gewichtje(s) in gaatje 3

- Controleer je voorspellingen door proeven te doen.

2 Welke uitkomsten had je goed voorspeld?
Noteer die uitkomsten nu met pen in tabel 2.

3 Heb je ook uitkomsten fout voorspeld?
Als je uitkomsten fout hebt voorspeld, maak dan een nieuwe berekening.

- Controleer je nieuwe uitkomsten.

4 Noteer de juiste uitkomsten nu met pen in tabel 2.

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of deze proef wordt uitgevoerd.

PROEF 3 DE MASSA VAN EEN MEETLAT BEPALEN

15 minuten

Doel

Je bepaalt de massa van een meetlat met behulp van de momentenwet.

PROEF 4 KATROL EN TAKEL

20 minuten

Inleiding

Een voorwerp dat veel te zwaar is om te tillen, kun je met een takel eenvoudig ophijsen. Dat lukt zelfs met voorwerpen die een grotere massa hebben dan jezelf.

Doel

Je onderzoekt hoe een vaste katrol en een takel werken.

Nodig

- ☐ statiefmateriaal
- ☐ 2 katrollen
- ☐ touw
- ☐ massablokje
- ☐ krachtmeter
- ☐ meetlat

Uitvoeren en uitwerken

- Meet de zwaartekracht op het massablokje door het blokje aan de krachtmeter te hangen.

1 Noteer hoe groot de kracht is die de krachtmeter aangeeft.

....

Deel 1: de vaste katrol

- Maak het touw vast aan het massablokje. Leg het touw daarna over de katrol.
- Bouw de opstelling die in afbeelding 2 is getekend.
- Hijs het massablokje omhoog door de krachtmeter langzaam onder een hoek van 45° omlaag te trekken.

2 Noteer hoe groot de kracht is die de krachtmeter aangeeft.

....

- Vergelijk de antwoorden op opdracht 1 en 2 met elkaar.

3 Wat is je conclusie?

....

....

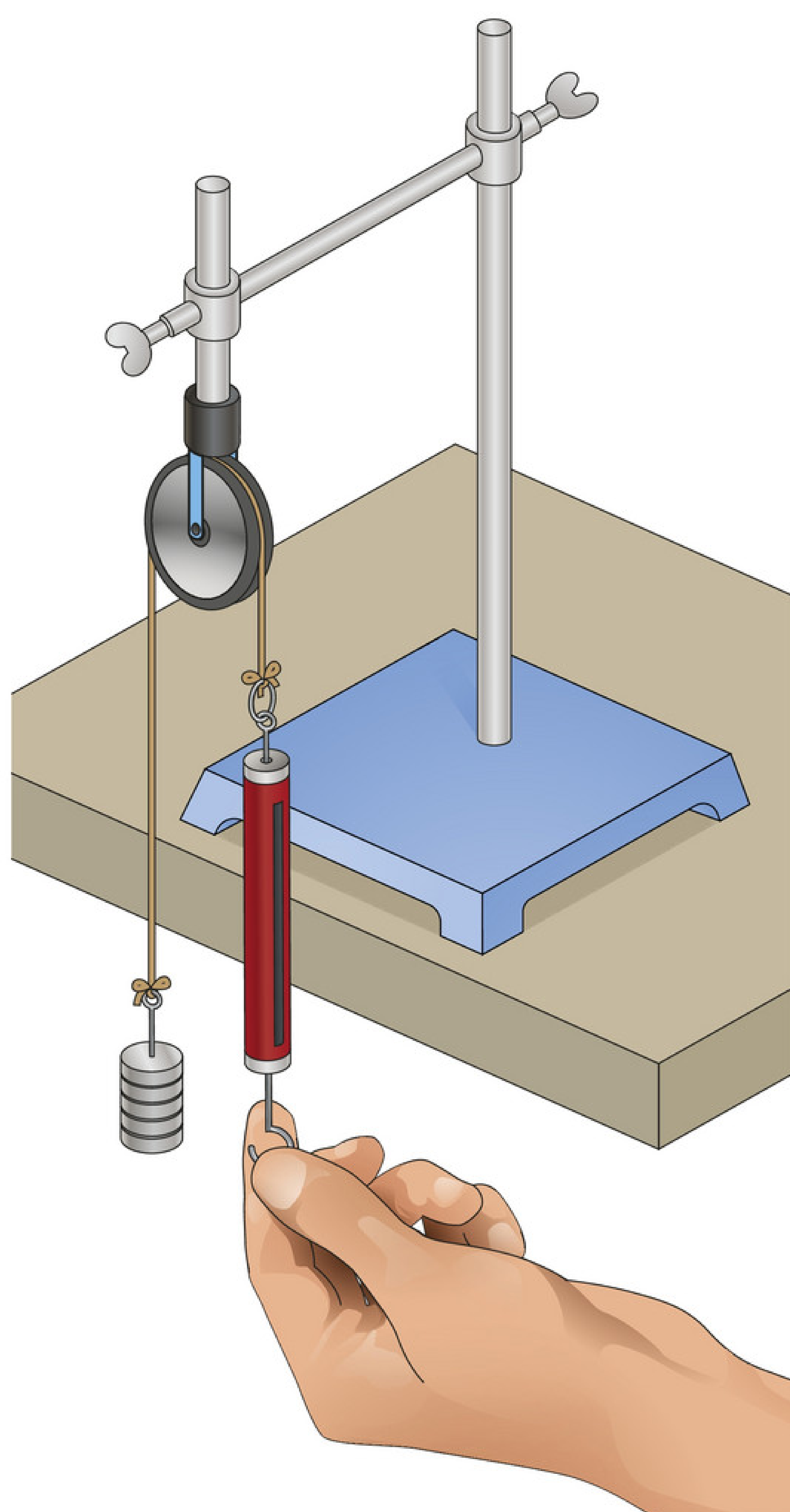
....

4 Leg uit of je met een vaste katrol iemand kunt ophijsen die zwaarder is dan jezelf.

....

....

....



afbeelding 2 Een blokje ophijsen met een vaste katrol.

Deel 2: de takel

- Bouw nu de opstelling die in afbeelding 3 is getekend. Je gebruikt nu een combinatie van een vaste katrol en een losse katrol. Zo'n combinatie heet een takel.
- Hijs het massablokje omhoog door de krachtmeter langzaam onder een hoek van 45° omlaag te trekken.

5 Noteer hoe groot de kracht is die de krachtmeter aangeeft.

....

- Vergelijk de antwoorden op opdracht 1 en 5 met elkaar.

6 Wat is je conclusie?

....

....

....

7 Leg uit of je met een takel iemand kunt ophijsen die zwaarder is dan jezelf.

....

....

....

- Herhaal de proef met de takel. Meet hoeveel touw je naar beneden moet trekken om het blokje 25 cm omhoog te hijsen.

8 Hoeveel centimeter touw moest je inhalen?

....

9 Wat heb je aan een takel? Wat win je ermee?

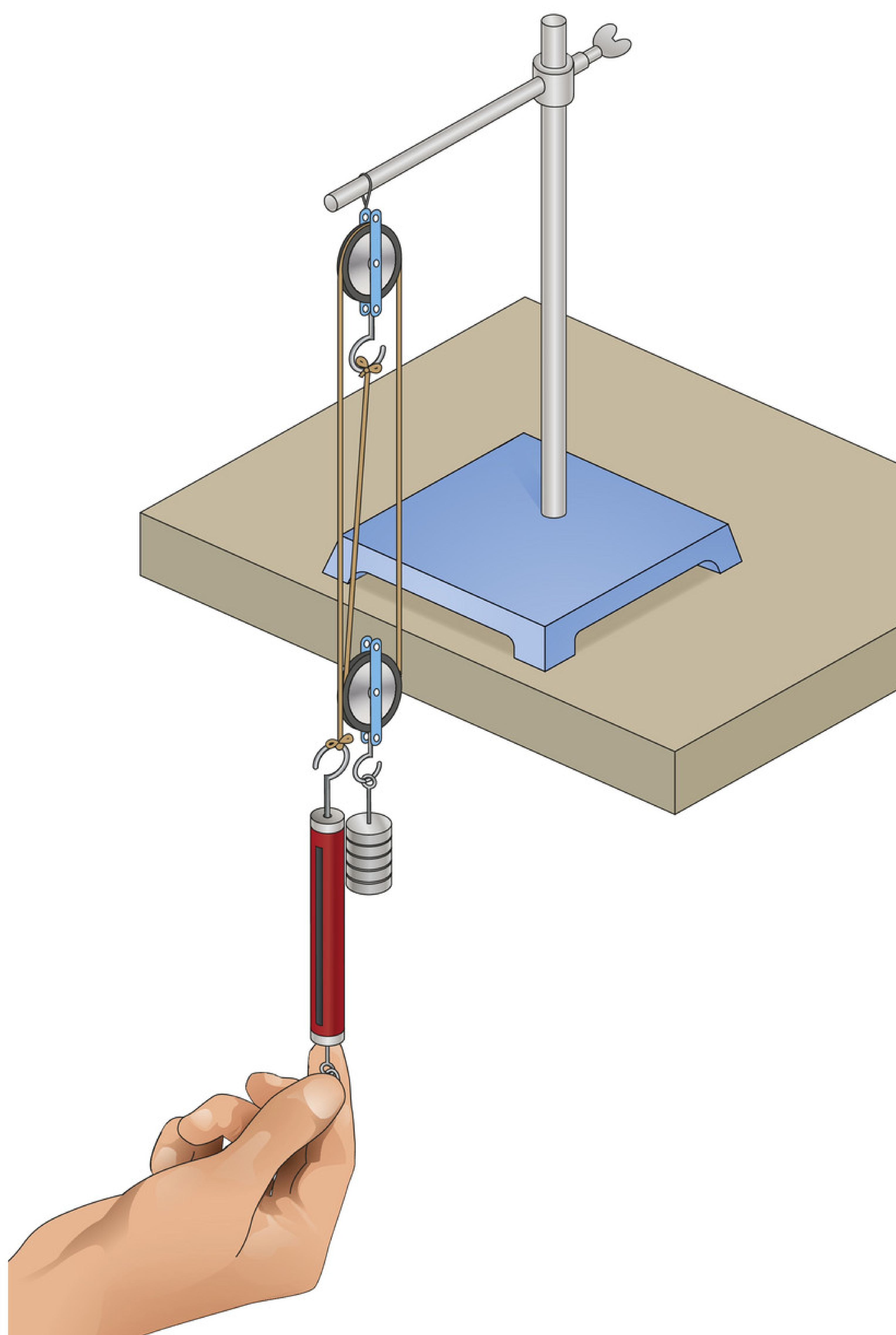
....

....

10 Welk nadeel staat tegenover het gebruik van een takel? Wat verlies je ermee?

....

....



afbeelding 3 Een blokje ophijsen met een takel.

PROEF 5 ONDERZOEK: DRUK OP DE GROND

45 minuten

Inleiding

Hoe groot is de druk die jij op de grond uitoefent? Dat kun je onderzoeken met behulp van een personenweegschaal en een paar vellen ruitjespapier.

Doel

Onderzoek hoe groot de druk op de grond is:
1 als je met beide voeten op de grond staat;
2 als je op één been staat;
3 als je op je tenen staat;
4 als je op schaatsen staat.

Uitvoeren en uitwerken



Zie de vaardigheid *Een onderzoek doen.*

- Maak een werkplan en voer het onderzoek uit.



1 Zie de vaardigheid *Een onderzoeksverslag maken.*
Presenteer de uitkomsten in je onderzoeksverslag.

Leerstofoverzicht

14.1 WERKEN MET HEFBOMEN

ONTHOUD

- Het moment van een kracht is de grootte van de kracht × de lengte van de arm. In formulevorm: $M = F \cdot l$. De arm l is de afstand tussen de werklijn van de kracht en het draaipunt. Je meet die afstand altijd loodrecht op de werklijn van de kracht.
- Een hefboom is in evenwicht, als de som van de momenten linksom gelijk is aan de som van de momenten rechtsom. Deze regel wordt de momentenwet genoemd.
- Veel werktuigen werken als een hefboom: een kleine werkkracht (met een grote arm) maakt evenwicht met een grote last (met een kleine arm).
- Als de werkkracht F_1 en de last F_2 in evenwicht zijn, geldt $M_1 = M_2$ oftewel $F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$
Als je drie van deze grootheden kent, kun je de vierde grootheid berekenen met de formule.
- Je kunt de momentenwet toepassen op enkele hefbomen (zoals flessenopeners, steeksleutels en bandenlichters) en dubbele hefbomen (zoals snoeischaren, notenkrakers en nijptangen).

BEGRIPPEN

arm
Loodrechte afstand tussen de werklijn van een kracht en het draaipunt van een hefboom.

draaipunt
Punt waar een hefboom omheen draait.

dubbele hefboom
Werktuig of hulpmiddel dat uit twee hefbomen bestaat die draaibaar met elkaar verbonden zijn.

enkele hefboom
Werktuig of hulpmiddel dat uit één hefboom bestaat.

moment
Grootheid die de grootte van een kracht combineert met de afstand tot het draaipunt (de ‘arm’ van de kracht).

momentenwet
Regel voor evenwicht: een hefboom is in evenwicht als de som van de momenten linksom gelijk is aan de som van de momenten rechtsom.

werklijn
Lijn waarlangs een kracht zijn werking uitoefent.

14.2 HEFBOMEN EN ZWAARTEKRACHT

ONTHOUD

- Op elk punt van een voorwerp werkt zwaartekracht. De resultante van al die zwaartekrachtjes samen noem je ‘de’ zwaartekracht F_z. Deze resultante grijpt aan in het zwaartepunt Z.
- Bij een homogene balk ligt het zwaartepunt precies in het midden van de balk. ‘Homogeen’ wil zeggen dat de balk helemaal van hetzelfde materiaal is gemaakt.
- In veel situaties ligt het zwaartepunt van een hefboom recht boven of recht onder het draaipunt. In dat geval hoef je geen rekening te houden met het moment van de zwaartekracht.
- Er zijn ook situaties waarin het zwaartepunt links of rechts van het draaipunt ligt. In dat geval moet je het moment van de zwaartekracht wel meerekenen als je de momentenwet gebruikt.

BEGRIPPEN

massamiddelpunt
Ander woord voor zwaartepunt.

zwaartepunt
Punt waar de zwaartekracht op een voorwerp aangrijpt.

14.3 KATROLLEN EN TAKELS

ONTHOUD

- Een vaste katrol zit vast, bijvoorbeeld aan een balk in het plafond, en kan niet op en neer bewegen. Een losse katrol beweegt wel op en neer, samen met de haak waaraan het voorwerp hangt.
- Een takel bestaat uit een combinatie van vaste en losse katrollen, waar een hijskabel omheen is geslagen. Zo kun je met een kleine spierkracht een veel grotere hijskracht uitoefenen.
- Als een takel *n* katrollen heeft:
  – wordt de hijskracht *n* keer zo groot;
  – wordt de hijsafstand *n* keer zo klein.
  Een takel met twee vaste en twee losse katrollen ($n = 4$) maakt je hijskracht dus vier keer zo groot. Daar staat tegenover dat de last maar 25 cm omhooggaat, als je het hijstouw 100 cm omlaagtrekt.
- Met de rekenregel voor takels kun je een onbekende kracht of afstand berekenen, als de overige krachten en afstanden gegeven zijn.

BEGRIPPEN

losse katrol
Draaibare schijf die op en neer kan bewegen, samen met het voorwerp dat omhoog of omlaag wordt getakeld.

takel
Combinatie van één of meer vaste katrollen met één of meer losse katrollen, om voorwerpen omhoog te hijsen.

vaste katrol
Draaibare schijf die vastzit (bijvoorbeeld aan een balk in het plafond) en dus niet op en neer kan bewegen.

14.4 DRUK

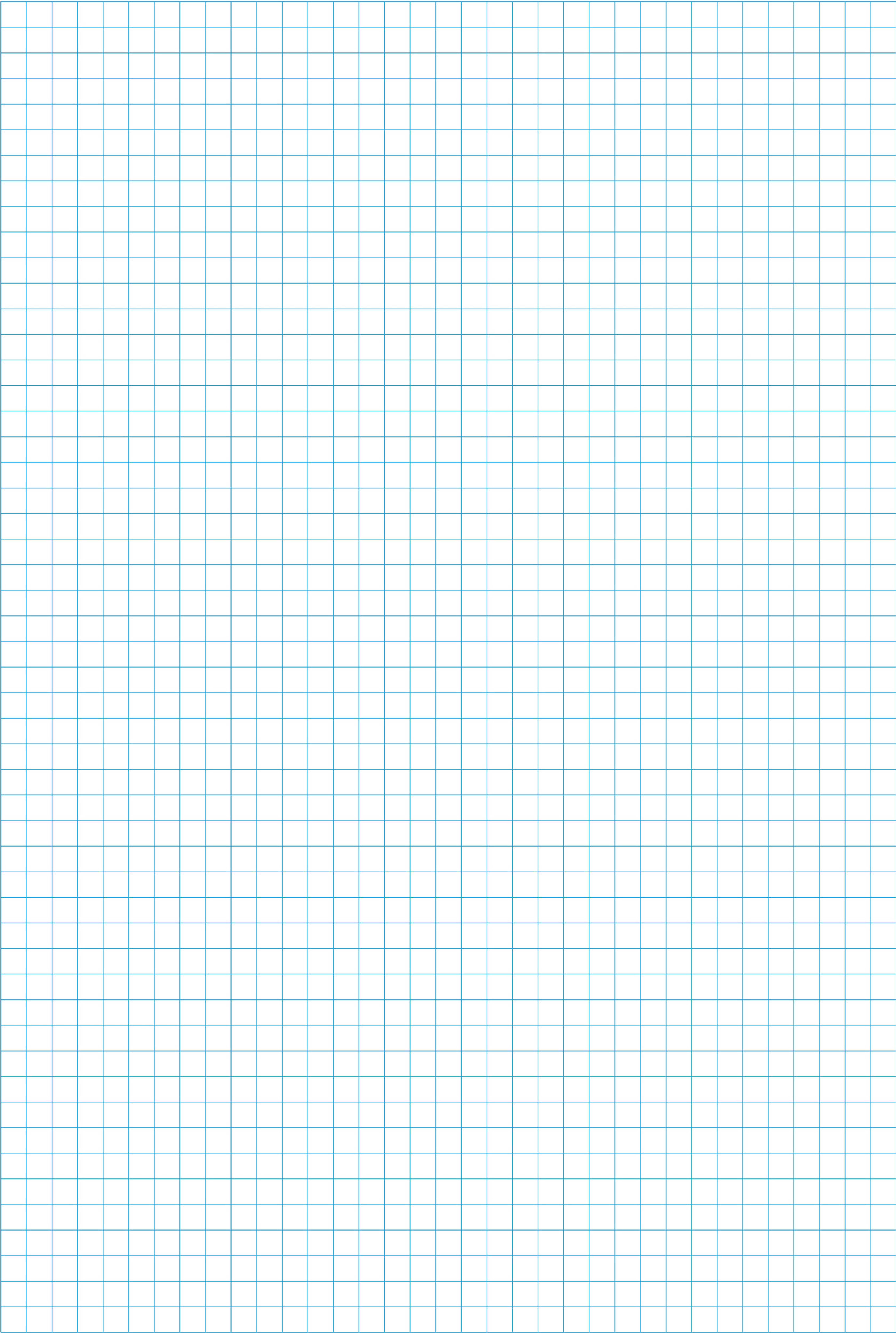
ONTHOUD

- Krachten kunnen een voorwerp vervormen. De grootte van de vervorming wordt bepaald door:
  - de grootte van de kracht;
  - de grootte van het oppervlak waarop de kracht werkt.
- De kracht per oppervlakte-eenheid wordt de druk genoemd. In formulevorm: $p = \frac{F}{A}$
  Als je de kracht invult in N en de oppervlakte in m^2, dan vind je de druk in pascal (Pa).
  1 Pa = 1 N/m^2
- Als je dat wilt, kun je de oppervlakte *A* ook invullen in cm^2. In dat geval vind je de druk in N/cm^2. Per definitie geldt: 1 N/cm^2 = $1{,}0 \cdot 10^4$ Pa.
- Huizen worden gebouwd op een fundering die breder is dan de muren. De fundering verdeelt het gewicht van het huis over een groot oppervlak, zodat de druk op de ondergrond klein blijft.
- Als je in een voorwerp snijdt, hakt, prikt of hamert, wil je de druk juist zo groot mogelijk maken. Dat doe je door de kracht op een klein oppervlak te concentreren.

BEGRIPPEN

druk
Kracht per oppervlakte-eenheid.


Ga naar de *Flitskaarten*.



15 Bewegingen

BEWEGINGEN IN BEELD
Het is vaak handig om een beweging in beelden vast te leggen. Beelden kunnen mensen helpen om een beweging veilig, snel en efficiënt uit te voeren. Niet alleen in het verkeer, maar ook in de sport en op het werk.



Wat weet je al over bewegingen?

LEERDOELEN

1 Je kunt een afstand-tijddiagram van een beweging maken.
2 Je kunt snelheid in m/s omrekenen naar km/h.
3 Je kunt een werkelijke afstand bepalen uit een tekening op schaal.
4 Je kunt berekeningen uitvoeren met de geluidssnelheid, de tijd en de afstand.
5 Je kunt uitleggen wat er gebeurt met de snelheid bij een beweging met constante snelheid, een versnelde beweging en een vertraagde beweging.

In deel 1-2 van Nova nask heb je al een aantal dingen over bewegingen geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 Van een beweging kun je een afstand-tijddiagram tekenen.
Welke grootheid staat op de *x*-as?

○ A afstand
○ B tijd

2 Welke eenheden zijn eenheden van snelheid?

☐ A cm/h
☐ B cm/jaar
☐ C min/km
☐ D mm/ms
☐ E s/km
☐ F week/dm

3 In de afgelopen 129 jaar is de zeespiegel voor de Nederlandse kust 24 cm gestegen.
Bereken hoeveel millimeter de zeespiegel per jaar is gestegen.

....

....

....

4 In een opgave staat: “De foto is afgedrukt op schaal 1 : 10.”
Leg uit wat daarmee wordt bedoeld.

....

....

....

5 Als het onweert zie je eerst de bliksem en 4,0 s later hoor je de donder. De geluidssnelheid in lucht is 340 m/s.
Bereken hoe ver het onweer bij je vandaan is.

....

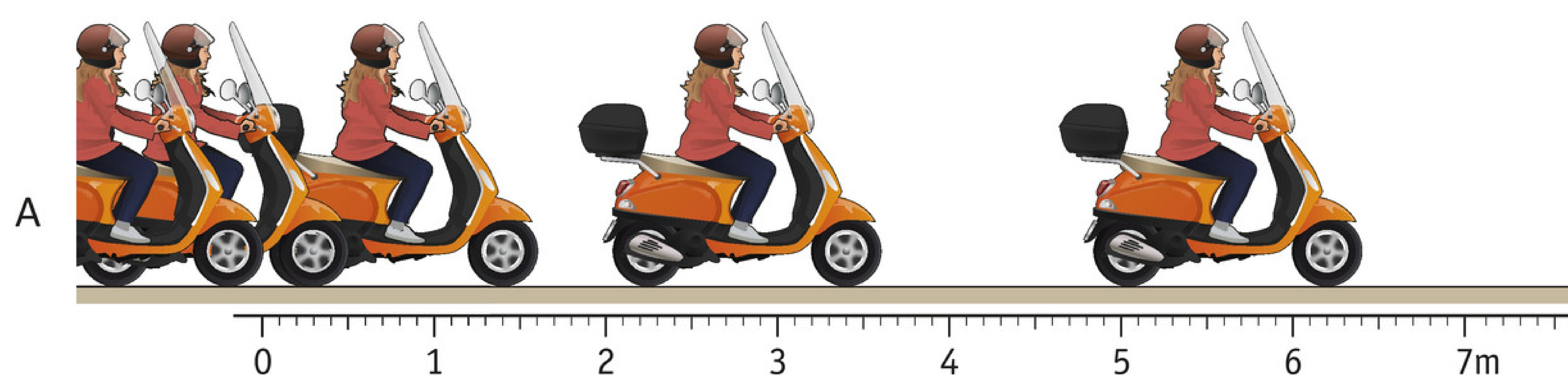
....

....

....

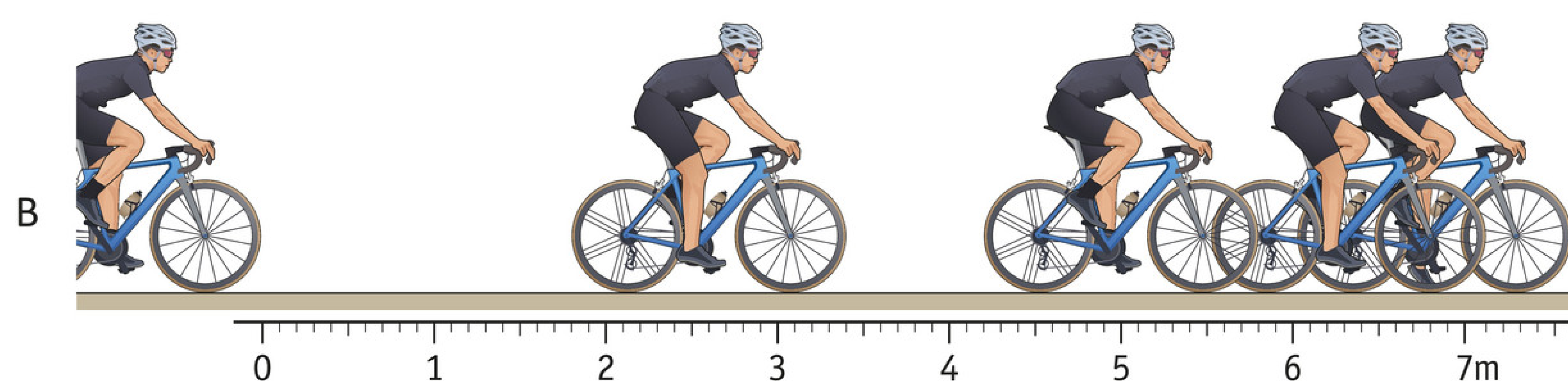
....

6 Je ziet drie tekeningen van bewegingen.
Koppel elke tekening aan de juiste soort beweging.

A 

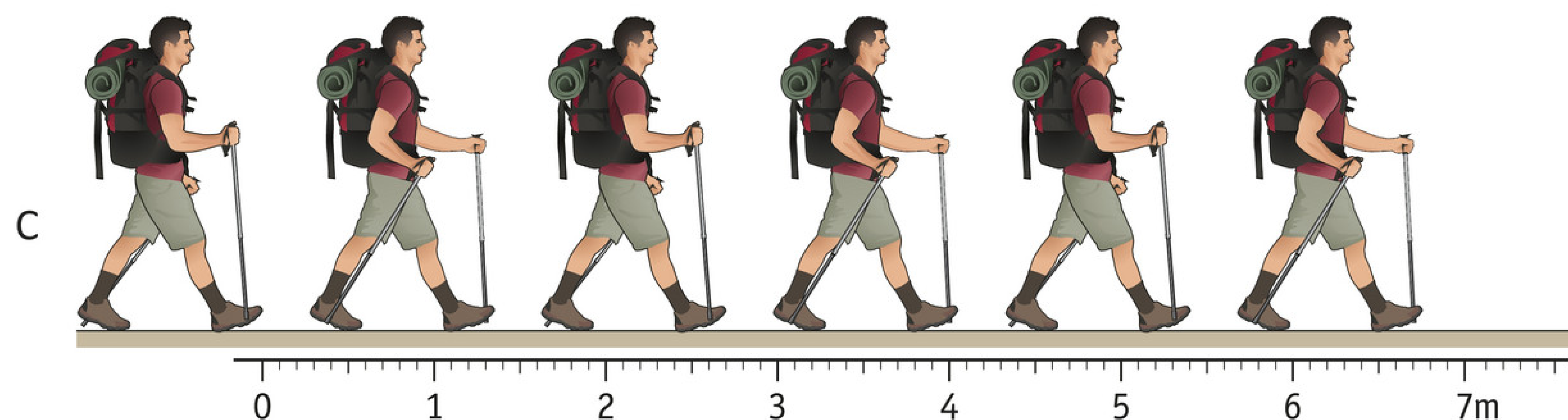


○ 1 beweging met constante snelheid

B 



○ 2 versnelde beweging

C 



○ 3 vertraagde beweging

 **Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.**

1 Bewegingen onderzoeken

LEERDOELEN

15.1.1 Je kunt twee manieren beschrijven om bewegingen op beeld vast te leggen.
15.1.2 Je kunt uit foto's of videobeelden gegevens halen over de tijd en de afstand.
15.1.3 Je kunt de gegevens van een afstand-tijdtabel verwerken tot een (s,t)-diagram.
15.1.4 Je kunt berekeningen maken met gemiddelde snelheid, afstand en tijd.
15.1.5 Je kunt snelheden omrekenen van m/s naar km/h, en van km/h naar m/s.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN				
	15.1.1	15.1.2	15.1.3	15.1.4	15.1.5
Onthouden	1a			2c	2a
Begrijpen	1b	3a, 4a	3c		2b, 7abc, 8abc
Toepassen			3b, 4b	5, 6ab, 9, 10	
Analyseren				6c	

Met een gewone fiets doe je ongeveer een uur over een afstand van 20 km. Met een speed-pedelec (gemiddelde snelheid van 35 km/h) ga je sneller. Hoeveel tijd kun je zo besparen?

BEWEGINGEN VASTLEGGEN

Er zijn verschillende manieren bedacht om bewegingen in beeld te brengen. Een turntrainer gebruikt videobeelden om turners een nieuwe beweging aan te leren. Een verkeersleider gebruikt radarbeelden om het vliegverkeer rond een luchthaven te regelen. Een jurylid gebruikt een finishfoto om te zien wie een atletiekwedstrijd heeft gewonnen.

Hierna staan twee mogelijkheden om een beweging in beelden vast te leggen.

STROBOSCOPISCHE FOTO'S

Een stroboscopische foto wordt gemaakt in een verduisterde ruimte, met als enige verlichting een stroboscooplamp. Dat is een lamp die met regelmatige tussenpozen een korte lichtflits geeft. De sluiter van het fototoestel staat gedurende de hele beweging open. Elke keer dat de stroboscooplamp een lichtflits geeft, wordt op de foto één momentopname van de beweging vastgelegd (afbeelding 1).

VIDEO-OPNAMES

Met een camera kun je een beweging filmen. Na afloop kun je de beeldjes van de beweging één voor één bekijken en bestuderen. Op een opname van een botsproef kun je bijvoorbeeld zien of een auto de inzittenden voldoende beschermt en zo niet, wat er dan precies misgaat. Autofabrikanten gebruiken dit soort beelden om hun auto's veiliger te maken.



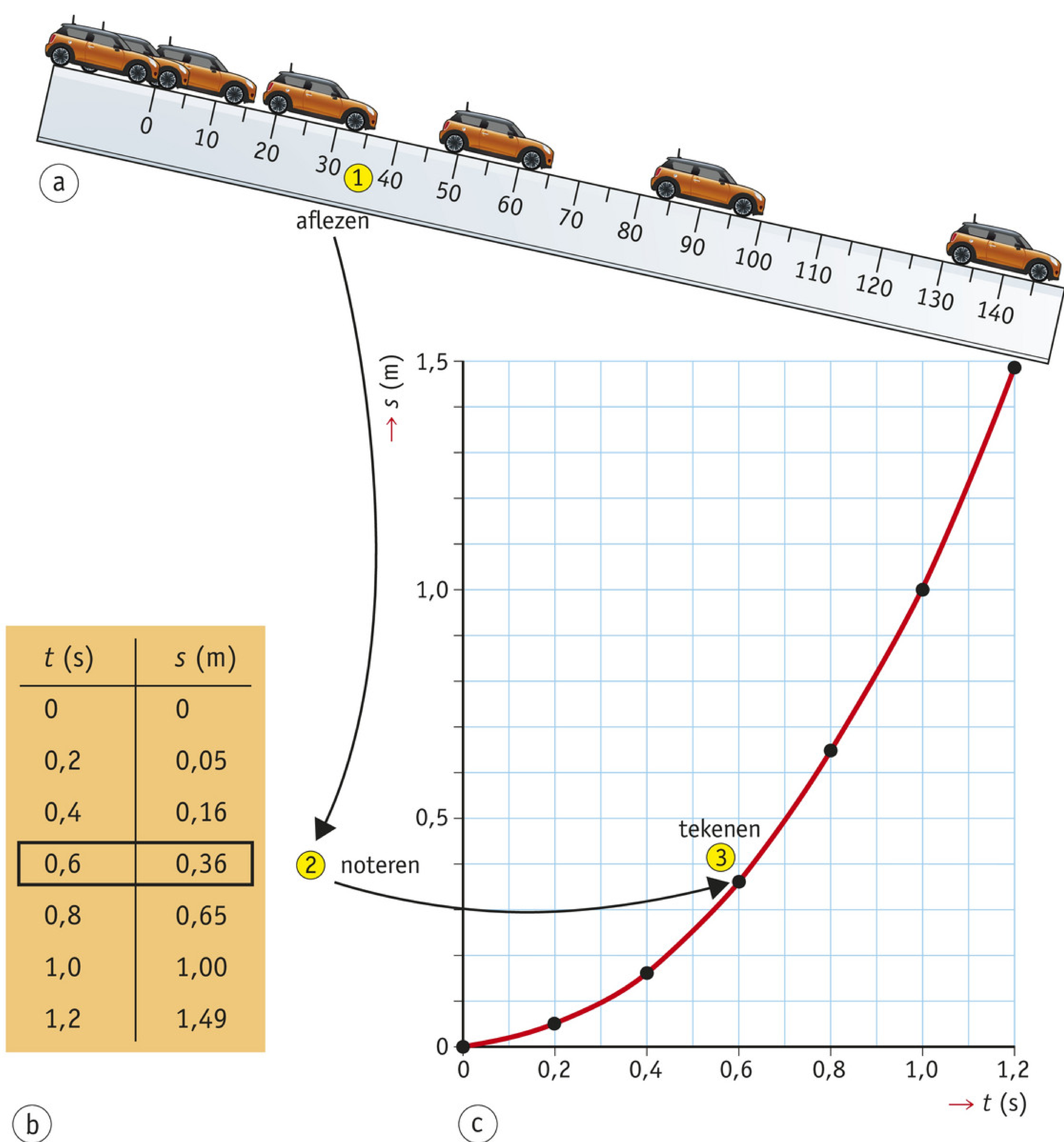
afbeelding 1 Een stroboscopische foto van een karatetrap.

WERKEN MET STROBOSCOPISCHE FOTO'S

In afbeelding 2a zie je een schematische weergave van een stroboscopische foto. Om gegevens uit zo'n stroboscopische foto af te kunnen lezen, moet je twee dingen weten:

- hoe groot de tijdsduur is tussen twee flitsen van de stroboscoop;
- hoe groot de afstanden op de foto in werkelijkheid zijn.

Toen de foto in afbeelding 2a werd genomen, flitste de lamp met een frequentie van 5 Hz. De tijd tussen twee opeenvolgende opnames is dus 0,2 s. Langs het hellend vlak waarover de auto beweegt is een meetlat gelegd. Daarop kun je de afgelegde weg aflezen. Voor de grootheid 'afgelegde weg' wordt ook het begrip 'afstand' gebruikt.



t (s)	*s* (m)
0	0
0,2	0,05
0,4	0,16
0,6	0,36
0,8	0,65
1,0	1,00
1,2	1,49

afbeelding 2 Van stroboscopische foto naar (*s*,*t*)-diagram.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Hoe groot is de afstand die de auto aflegt in de eerste 0,6 seconden (afbeelding 2)? Ga ervan uit dat de eerste foto werd genomen toen de beweging begon.

Uitwerking

De eerste foto is genomen op t_1 = 0 s. De tweede foto is genomen op t_2 = 0,2 s, de derde op t_3 = 0,4 s en de vierde op t_4 = 0,6 s. De neus van het autootje bevond zich op de vierde foto op 36 cm van het startpunt. De afstand na 0,6 seconden is dus 36 cm = 0,36 m.

EEN (*s*,*t*)-DIAGRAM MAKEN

Je kunt de gegevens uit een stroboscopische foto verwerken tot een **(*s*,*t*)-diagram**. Daarbij ga je als volgt te werk:

1. Lees uit de foto af hoe groot de afstand (*s*) is op verschillende tijdstippen (*t*).
2. Noteer de gegevens over de tijd en de afstand in een tabel: de tijd links en de afstand rechts (afbeelding 2b).
3. Teken het (*s*,*t*)-diagram met behulp van de gegevens in de tabel.

In afbeelding 2c is het (*s*,*t*)-diagram getekend van de beweging in afbeelding 2a. Langs de horizontale as staat de tijd en langs de verticale as staat de afstand. Controleer zelf of het (*s*,*t*)-diagram klopt met de gegevens die je uit de foto kunt aflezen.

DE GEMIDDELDE SNELHEID

Als je door een drukke stad fietst, kun je niet steeds dezelfde snelheid aanhouden. Je moet remmen, stoppen, wachten voor een stoplicht, weer snelheid maken, enzovoort. In afbeelding 3 zie je het (*s*,*t*)-diagram van zo'n beweging.

Vaak is het handig om je **gemiddelde snelheid** te kennen. Je krijgt dan een indruk hoe snel je eigenlijk vooruit bent gekomen, over de hele beweging gerekend. Je kunt de gemiddelde snelheid van een beweging berekenen met de formule:

$$\text{snelheid} = \frac{\text{afgelegde weg}}{\text{tijd}}$$

Of in symbolen:

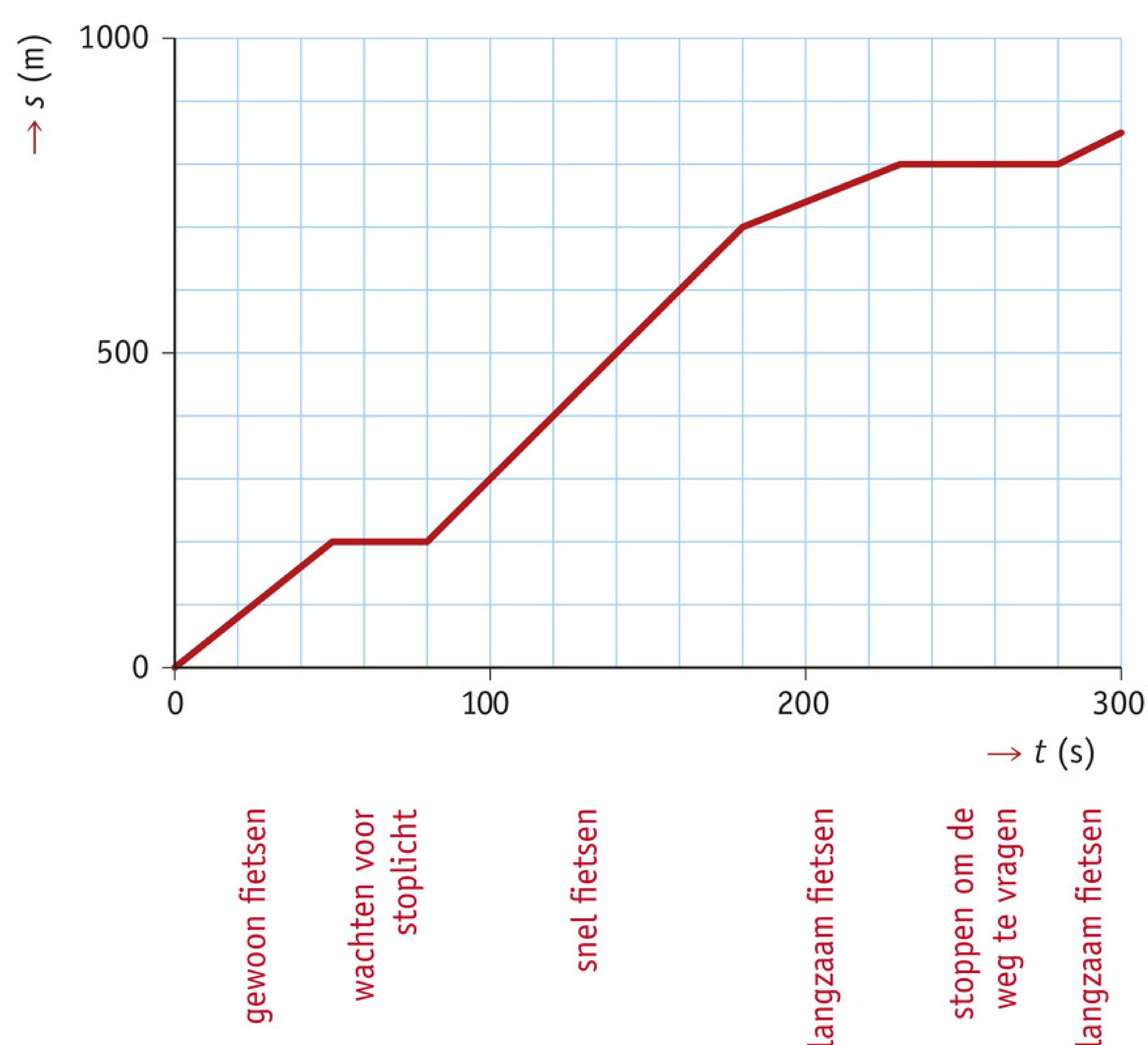
$$v_{gem} = \frac{s}{t}$$

In deze formule is:

- v_{gem} de gemiddelde snelheid in meter per seconde (m/s);
- *s* de afgelegde weg of afstand tijdens de beweging in meter (m);
- *t* de tijd die de beweging heeft geduurd in seconden (s).

Wil je weten hoe groot de snelheid in km/h is, dan vermenigvuldig je de uitkomst met 3,6. Er geldt immers:

$$1\text{ m/s} = \frac{1\text{ m}}{1\text{ s}} = \frac{3600 \times 1\text{ m}}{3600 \times 1\text{ s}} = \frac{3{,}6\text{ km}}{1\text{ h}}$$



afbeelding 3 Het (*s*,*t*)-diagram van een fietstocht met hindernissen.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Bereken de gemiddelde snelheid van de fietser in afbeelding 3 in km/h (over de hele beweging).

gegevens s = 850 m
t = 300 s

gevraagd v_{gem} = ? km/h

uitwerking $v_{gem} = \frac{s}{t} = \frac{850}{300}$ = 2,83 m/s = 10,2 km/h

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Beantwoord de volgende vragen.

a Op welke twee manieren kun je beelden van een beweging vastleggen?

....

....

b Een stroboscooplamp flitst met een frequentie van 10 Hz.
Hoe groot is dan de tijd tussen twee opeenvolgende flitsen?

....

....

....

2 Eenheden van snelheid kun je naar elkaar omrekenen.

a Als je de snelheid van m/s om wilt rekenen naar km/h, dan moet je de uitkomst ....

b Als je de snelheid van km/h om wilt rekenen naar m/s, dan moet je de uitkomst ....

c Met welke formule kun je de gemiddelde snelheid van een beweging berekenen?

....

TOEPASSING

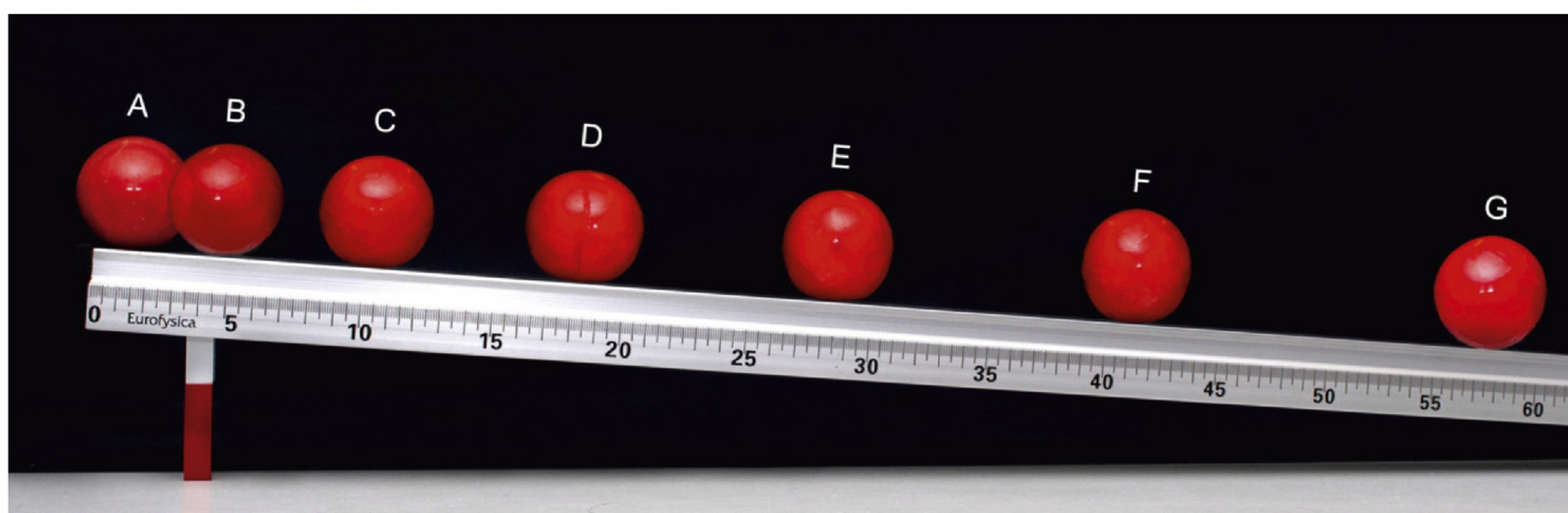
3   Zie de vaardigheid *Verbanden meten*.
In afbeelding 4 zie je een stroboscopische foto van een rollende bal op een schuin vlak.
De frequentie van de stroboscooplamp is 5 Hz.
In tabel 1 is een begin gemaakt met het invullen van de tijd, de plaats en de afgelegde weg.

a Vul tabel 1 verder in.

b Teken in afbeelding 5 het (s,t)-diagram van de beweging.

c Met welk verband komt de relatie tussen s en t het meest overeen?

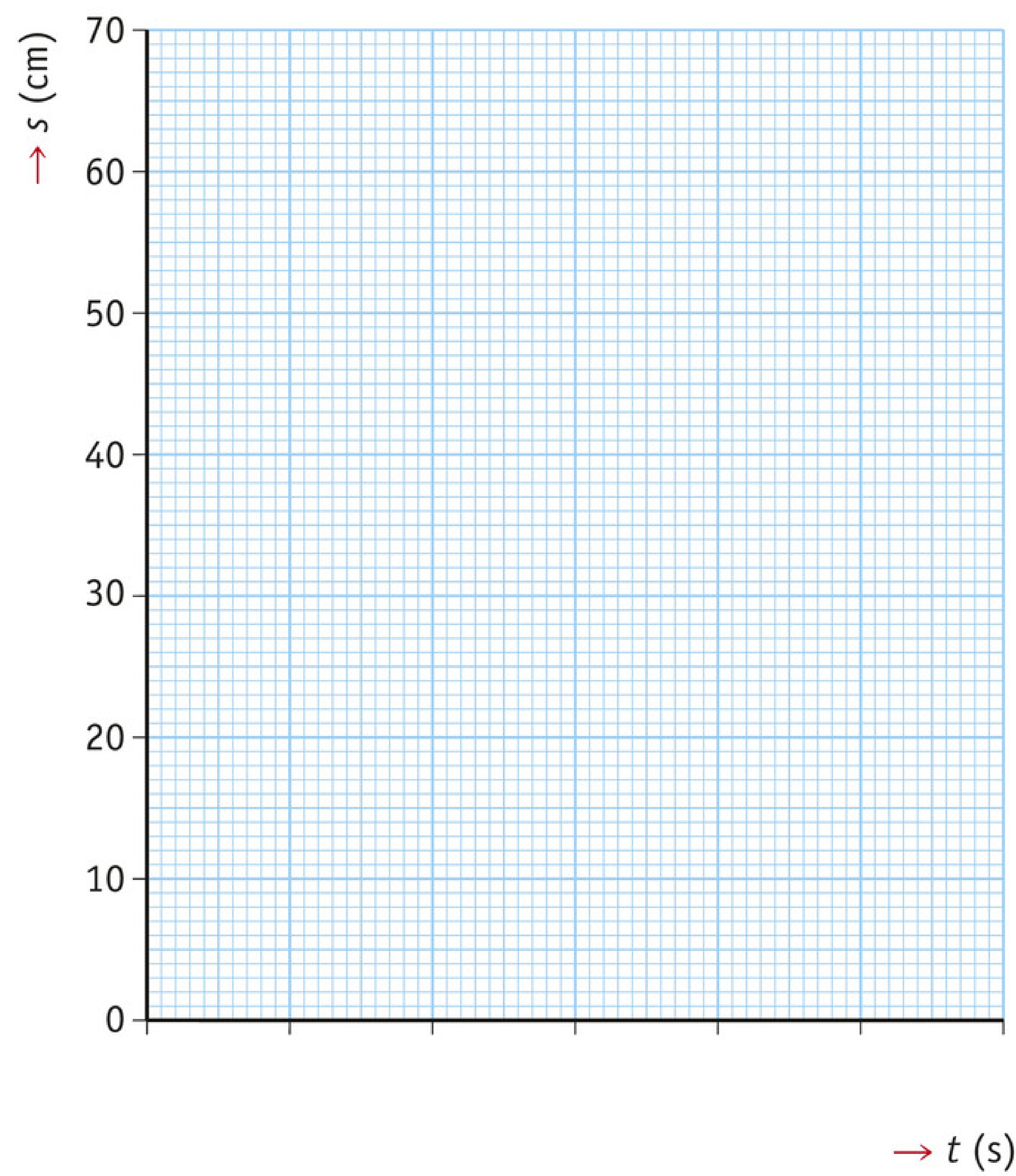
○ A met een evenredig verband
○ B met een kwadratisch verband
○ C met een lineair verband
○ D met een omgekeerd evenredig verband



afbeelding 4 Een stroboscopische foto van een rollende bal.

tabel 1 De tabel van de beweging van de bal.

tijd *t* (s)	plaats (cm)	afgelegde weg *s* (cm)
0,0	3	0
0,2	6,5	3,5
0,4	12,5	9,5
0,6		



afbeelding 5 Het (*s*,*t*)-diagram van de beweging van de bal.

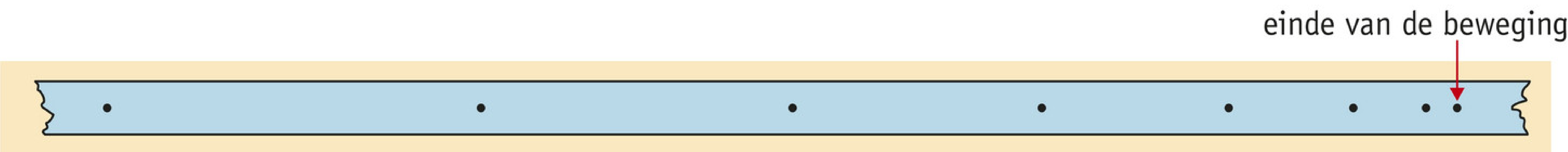
4  Serge wil onderzoeken hoe een wagentje beweegt. Om de beweging vast te leggen, gebruikt hij een tijdtikker. Dat is een apparaatje dat met regelmatige tussenpozen stippen zet op een strook papier.

Voor de proef maakt Serge een strook papier vast aan het wagentje. Daarna geeft hij het wagentje een duw en laat het uitrijden tot het stilstaat. Het wagentje trekt de strook papier ondertussen door de tijdtikker, zodat er een serie stippen op het papier komt te staan.

In afbeelding 6 zie je het laatste gedeelte van Serges tikkerstrook. De tijdtikker heeft een frequentie van 50 Hz. Dat betekent dat hij 50 stippen per seconde zet.

a Vul tabel 2 verder in.

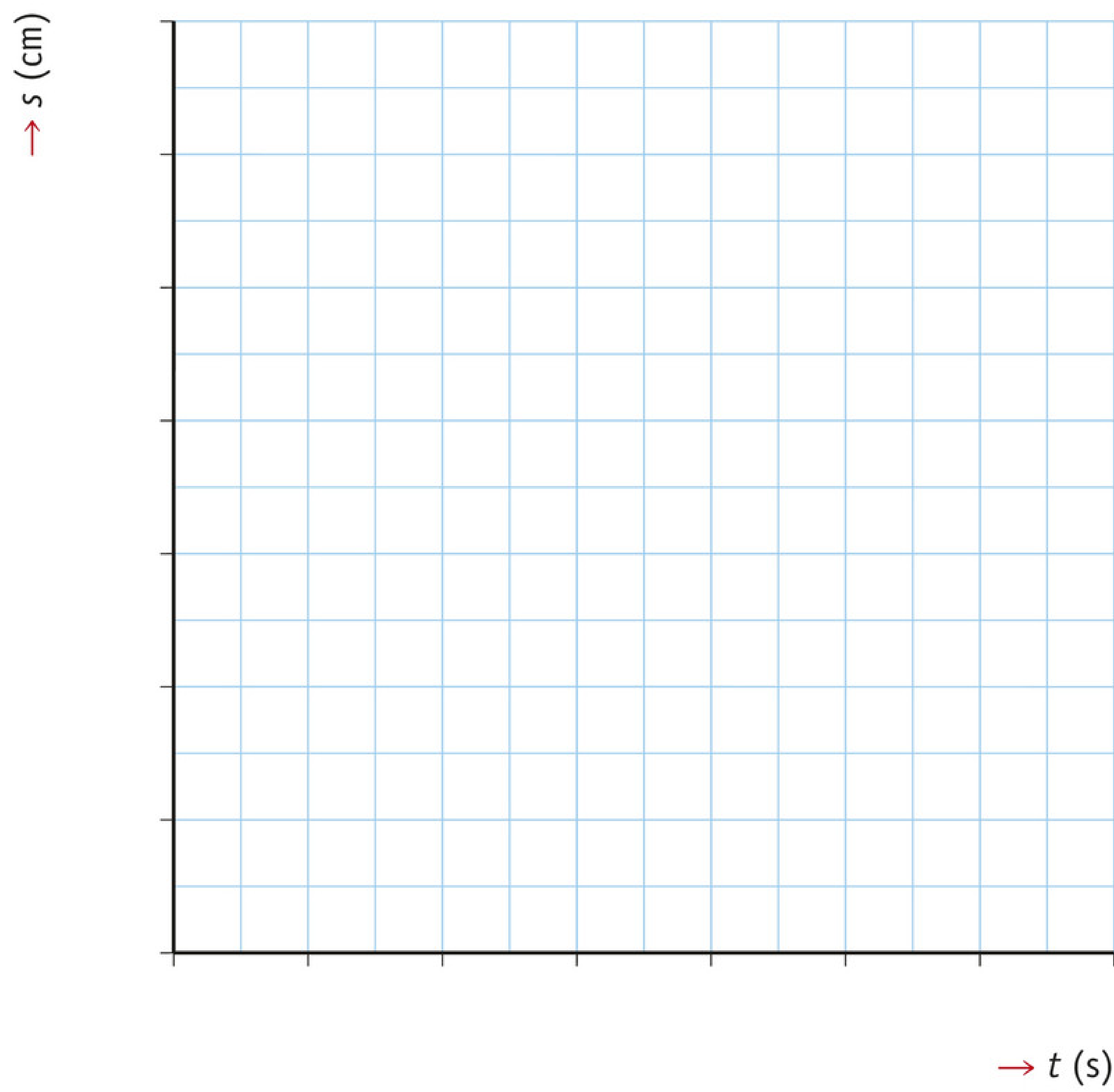
b Teken in afbeelding 7 het (*s*,*t*)-diagram van de beweging.



afbeelding 6 De tikkerstrook van Serge.

tabel 2 De (*s*,*t*)-tabel van Serges proef.

t (s)	*s* (cm)
0,00	0,0
0,02	3,6



afbeelding 7 Het (*s*,*t*)-diagram van Serges proef.

5  De twee foto's in afbeelding 8 zijn genomen met een tussentijd van 5,0 s. De foto's zijn afgedrukt op schaal 1 : 200.
Bepaal met de gegevens uit de foto's de gemiddelde snelheid van de fietser in km/h.

....

....

....

....

....

....

afbeelding 8 Hoe snel beweegt deze eenzame fietser?





★ 6

Een deelnemer aan de triatlon legt de 3,8 km zwemmen af in 2 uur, de 180 km fietsen in 5 uur en de 42,2 km hardlopen in 3 uur.

a Bereken de gemiddelde snelheid voor elk van de drie onderdelen afzonderlijk.

b Bereken de gemiddelde snelheid voor de hele triatlon.

c Leg uit waarom je niet het gemiddelde van de drie afzonderlijke onderdelen kunt nemen om de gemiddelde snelheid tijdens de triatlon te berekenen.

....

....

....

....

7 Reken de volgende snelheden om van km/h naar m/s.

a Een gewone snelheid voor een wandelaar is 5 km/h.

....

....

b Een gewone snelheid voor een fietser is 18 km/h.

....

....

c Een gewone snelheid voor een auto is 90 km/h.

....

....

8 Reken de volgende snelheden om van m/s naar km/h.

a De topsnelheid van een zwemmer is 2,0 m/s.

....

....

b De topsnelheid van een schaatser is 15 m/s.

....

....

c De topsnelheid van een sprintende wielrenner is 21 m/s.

....

....

9 Gert-Jan rijdt in zijn auto over de snelweg. Hij doet 25 minuten over de afstand Groningen – Drachten (34 km).
Bereken zijn gemiddelde snelheid in km/h.

....

....

....

....

....

10 Lennart heeft een tweedehands *Twike* gekocht, een elektrisch voertuig op drie wielen (afbeelding 9). Bij de jaarlijkse onderhoudsbeurt wordt in het onderhoudsboekje bijgehouden welke afstand er is afgelegd.

km-stand bij aankoop:

0	0	4	2	5	1	5	km

km-stand bij de beurt:

0	0	5	8	3	2	9	km

De boordcomputer geeft aan dat de gemiddelde rijsnelheid sinds de aankoop 65 km/h is geweest.
Bereken de tijd die Lennart in zijn Twike heeft gereden.

....

....

....

....

naar: examen 2016-II



afbeelding 9 Lennart in zijn Twike.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Snelheid en versnelling

LEERDOELEN

15.2.1 Je kunt een (v,t)-diagram van een beweging maken.
15.2.2 Je kunt het (v,t)-diagram en het (s,t)-diagram van een eenparige beweging schetsen.
15.2.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met de snelheid van een eenparige beweging.
15.2.4 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met een eenparig versnelde beweging.
15.2.5 Je kunt de versnelling van een eenparig versnelde beweging berekenen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	15.2.1	15.2.2	15.2.3	15.2.4	15.2.5	15.1.4*
Onthouden	1b			1a	1d, 2	
Begrijpen	7b			1c, 8ab		
Toepassen	7a, 8c	3ab			6abc, 9	4ab
Analyseren	8d	7c	5			

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

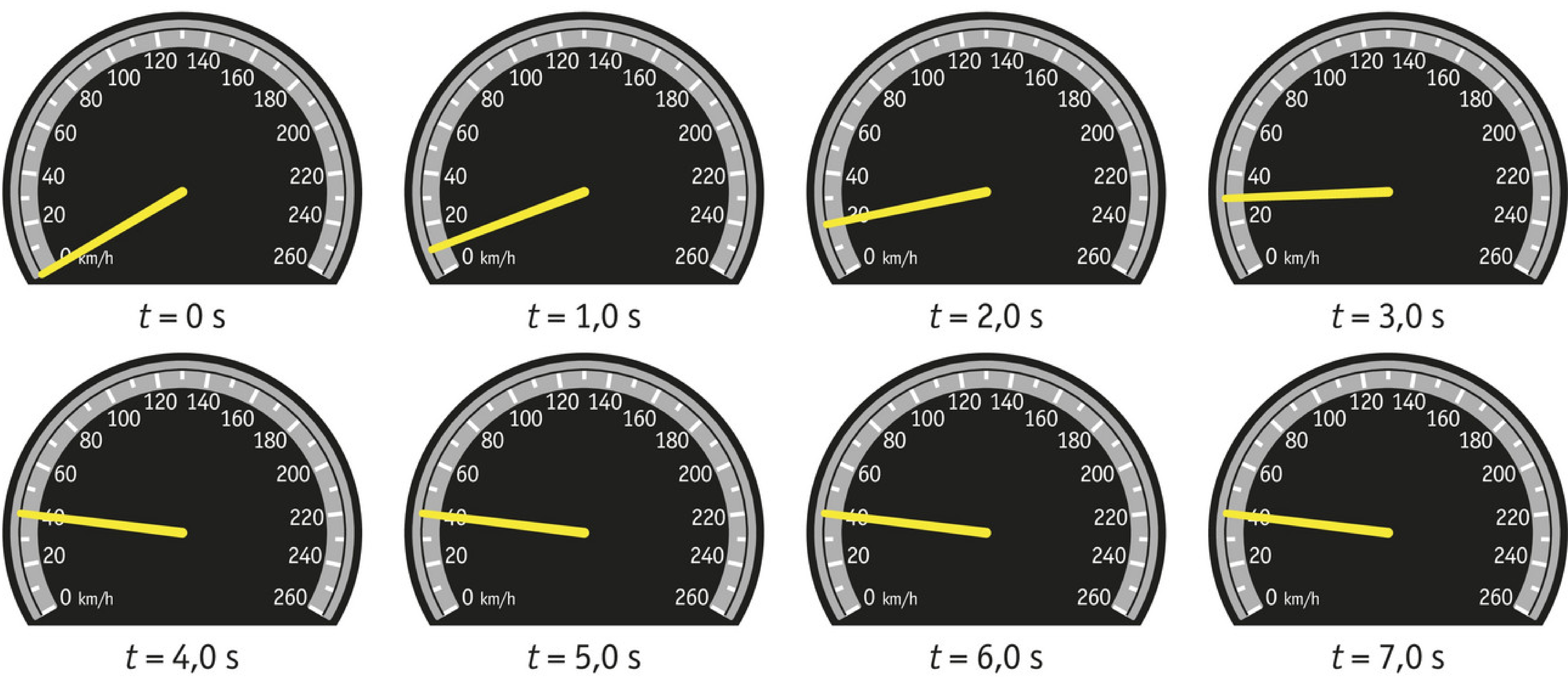
In een nieuwsbericht staat: “Heel wat sportwagens moeten het tegenwoordig qua acceleratie afleggen tegen een elektrisch model.” Wat wordt met deze uitspraak bedoeld?

EEN (v,t)-DIAGRAM MAKEN

Op de snelheidsmeter van een auto kun je zien hoe snel de auto op een bepaald moment beweegt (afbeelding 1). Als je de snelheidsmeter met tussenpozen van 1 seconde fotografeert, krijg je een serie afbeeldingen zoals in afbeelding 2. In de afbeeldingen kun je aflezen hoe groot de snelheid is op t = 0 s, t = 1,0 s, t = 2,0 s, enzovoort.



afbeelding 1 Als automobilist kijk je regelmatig even naar je snelheidsmeter.



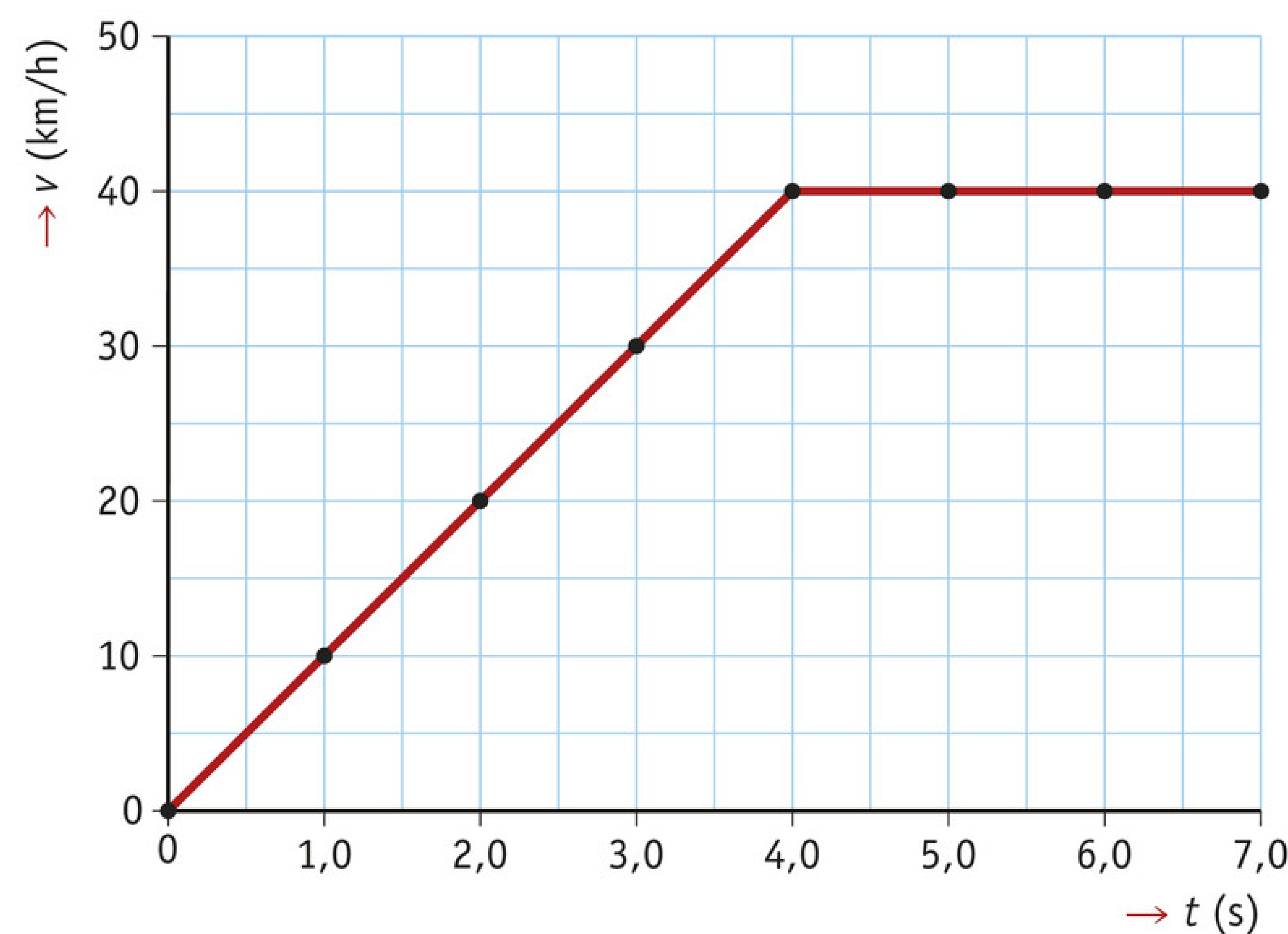
afbeelding 2 De snelheidsmeter van een wegrijdende auto tijdens de eerste zeven seconden.

Met de gegevens uit afbeelding 2 kun je een **(*v*,*t*)-diagram** van de beweging tekenen. In afbeelding 3 zie je hoe zo'n (*v*,*t*)-diagram eruitziet. Langs de horizontale as van zo'n diagram staat de tijd (*t*) en langs de verticale as de snelheid (*v*). Je ziet dat de snelheid eerst toeneemt en vervolgens constant blijft.

Je kunt de beweging van de auto verdelen in twee delen:

- Van *t* = 0 tot *t* = 4,0 s is de beweging versneld: een **versnelde beweging**. De auto begint te bewegen op *t* = 0 s en trekt daarna geleidelijk op.
- Op *t* = 4,0 s heeft de auto de snelheid bereikt die de bestuurder wil: 40 km/h. De auto rijdt daarna met dezelfde snelheid verder. Zo'n beweging waarvan de snelheid niet verandert, noem je een **eenparige beweging**.

Let erop dat je een (*v*,*t*)-diagram (snelheid-tijd) niet verwart met een (*s*,*t*)-diagram (afstand-tijd). Kijk altijd goed naar de grootheden en eenheden die langs de assen staan, om te zien wat voor diagram het is.



afbeelding 3 Het (*v*,*t*)-diagram van de wegrijdende auto.

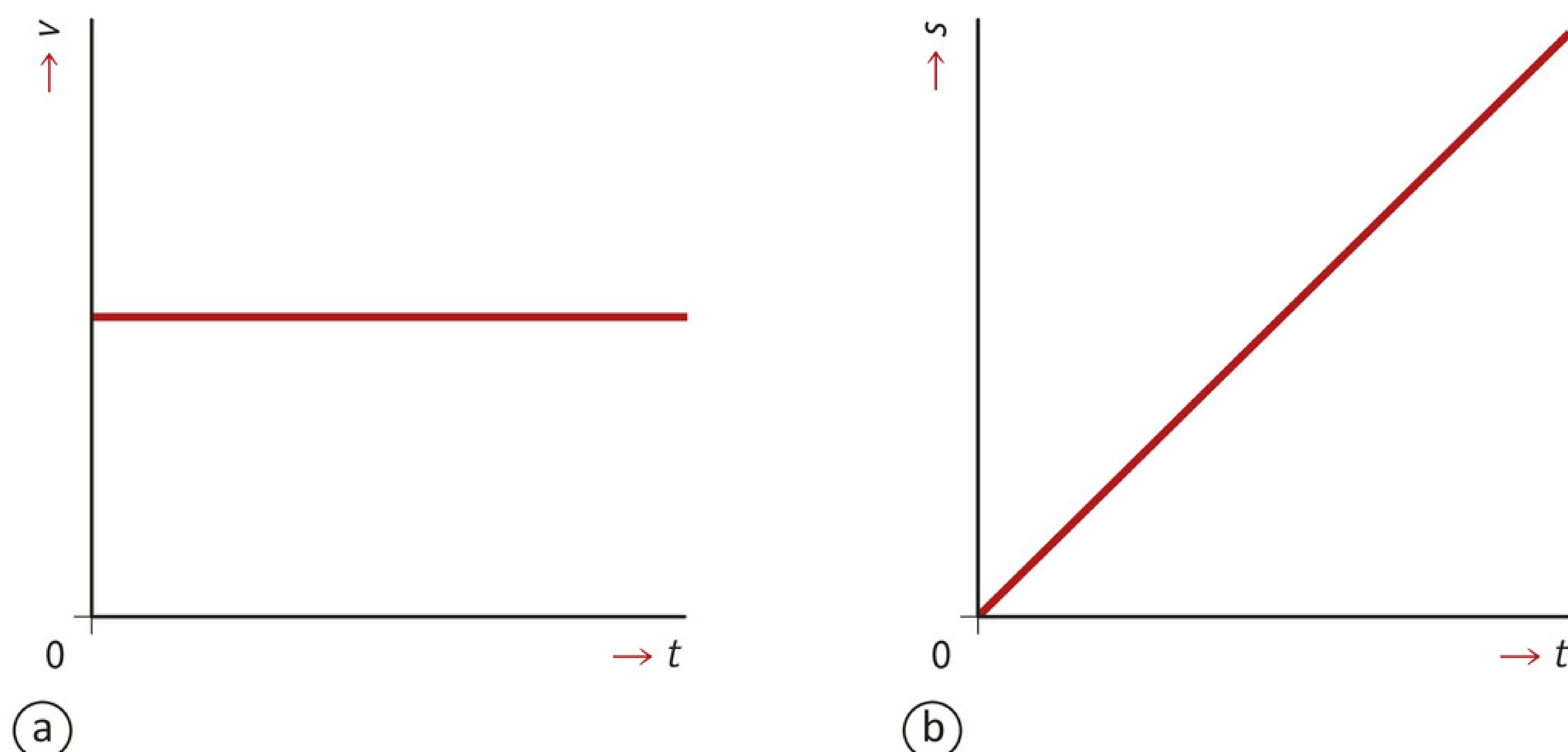
EENPARIGE BEWEGINGEN

PROEF 1

Bij een eenparige beweging is de snelheid constant. De snelheid stijgt niet en daalt ook niet. Dat betekent dat het (*v*,*t*)-diagram er zo uitziet als in afbeelding 4a: de grafiek is een rechte lijn die horizontaal loopt.

Bij een eenparige beweging neemt de afstand gelijkmatig toe: elke seconde komt er evenveel bij. Dat betekent dat het (*s*,*t*)-diagram er zo uitziet als in afbeelding 4b: de grafiek is een rechte lijn die schuin omhoog loopt.

afbeelding 4 Het (*v*,*t*)-diagram (a) en het (*s*,*t*)-diagram (b) van een eenparige beweging.



Bij een eenparige beweging verandert de snelheid niet. Als je de gemiddelde snelheid kent, weet je meteen hoe groot de snelheid was op elk moment van de beweging. Bij een eenparige beweging geldt dus:

$$v = v_{gem} = \frac{s}{t}$$

VOORBEELDOPDRACHT 1

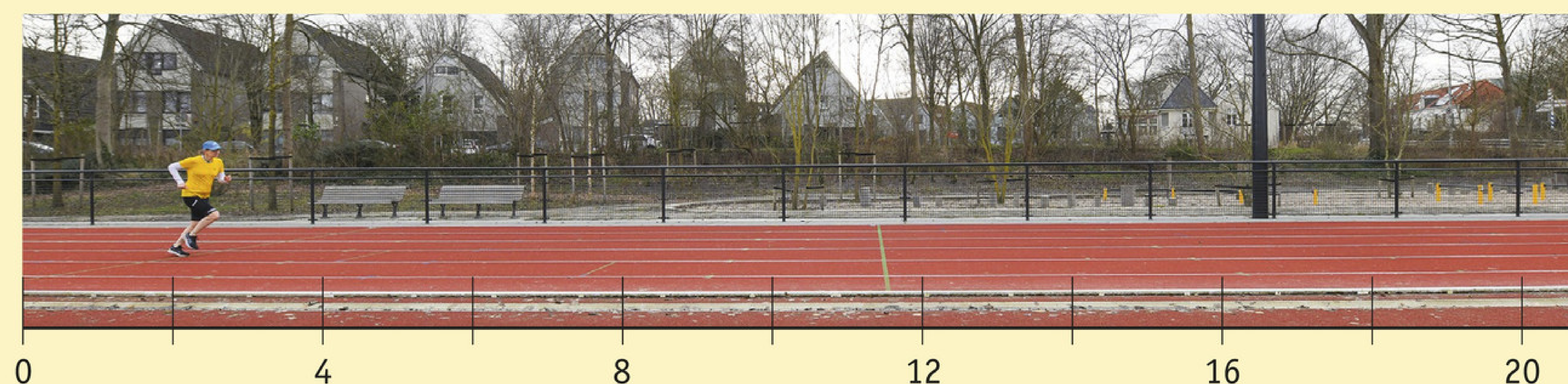
Bekijk de foto's in afbeelding 5. De tijd tussen twee opeenvolgende opnames is 1,0 s. Bereken hoe groot de snelheid van de hardloper is.

gegevens $s = 8{,}4 - 2{,}7 = 5{,}7$ m
$t = 2 \times 1{,}0 = 2{,}0$ s

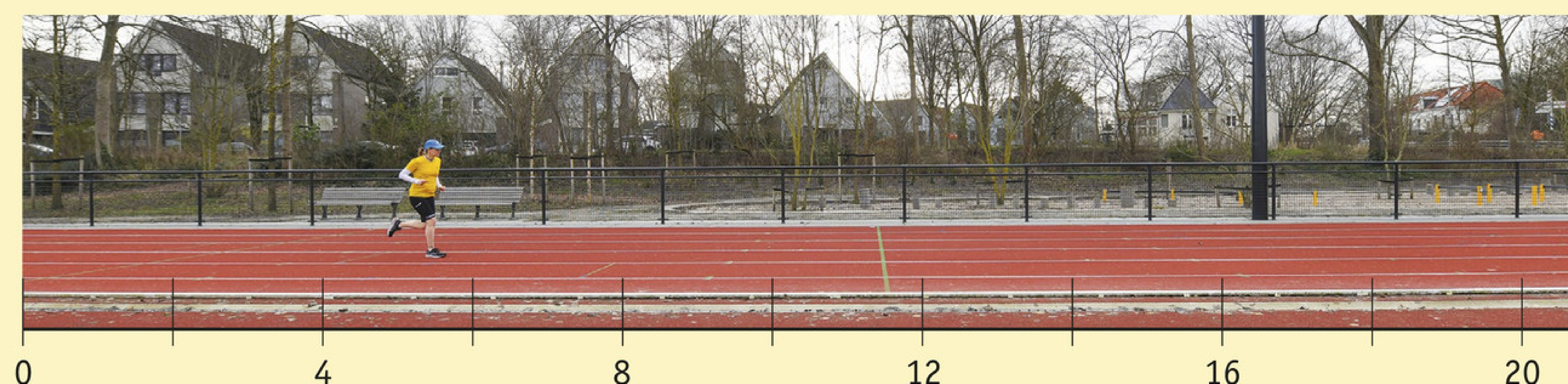
gevraagd $v = ?$ m/s

uitwerking $v = \frac{s}{t} = \frac{5{,}7}{2{,}0} = 2{,}85$ m/s $= 10{,}3$ km/h

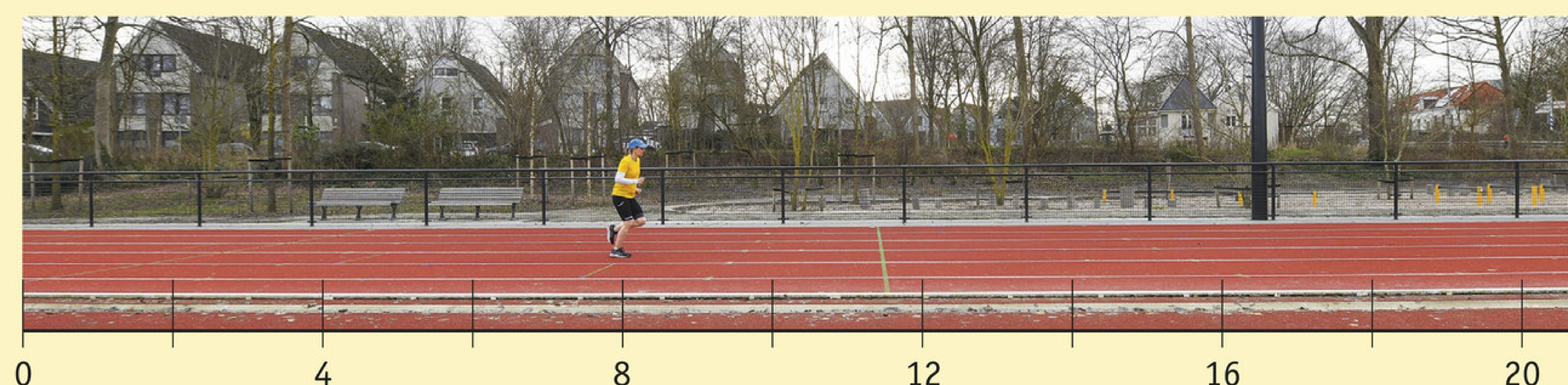
afbeelding 5 Drie foto's van een eenparige beweging.



a



b

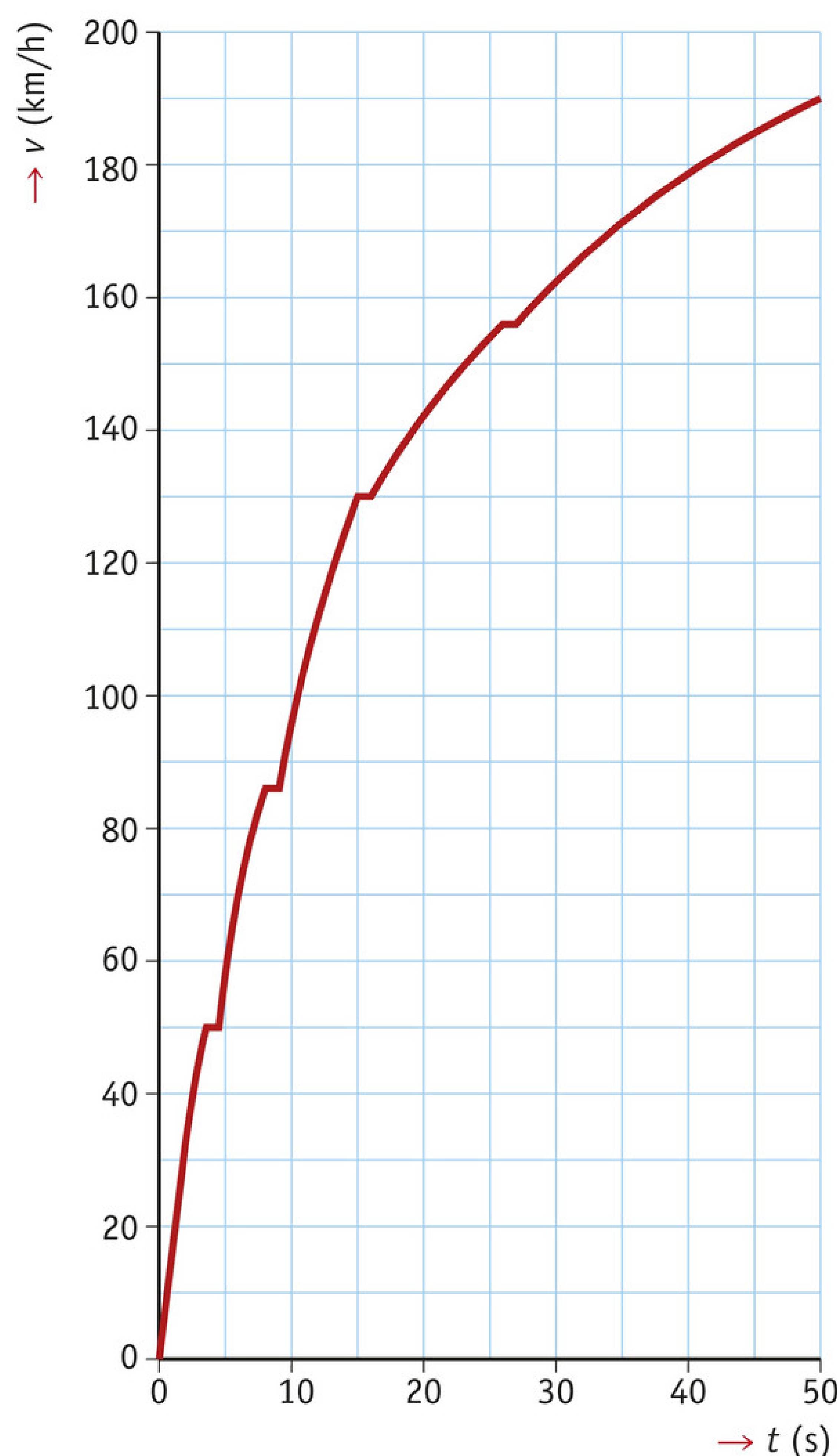


c

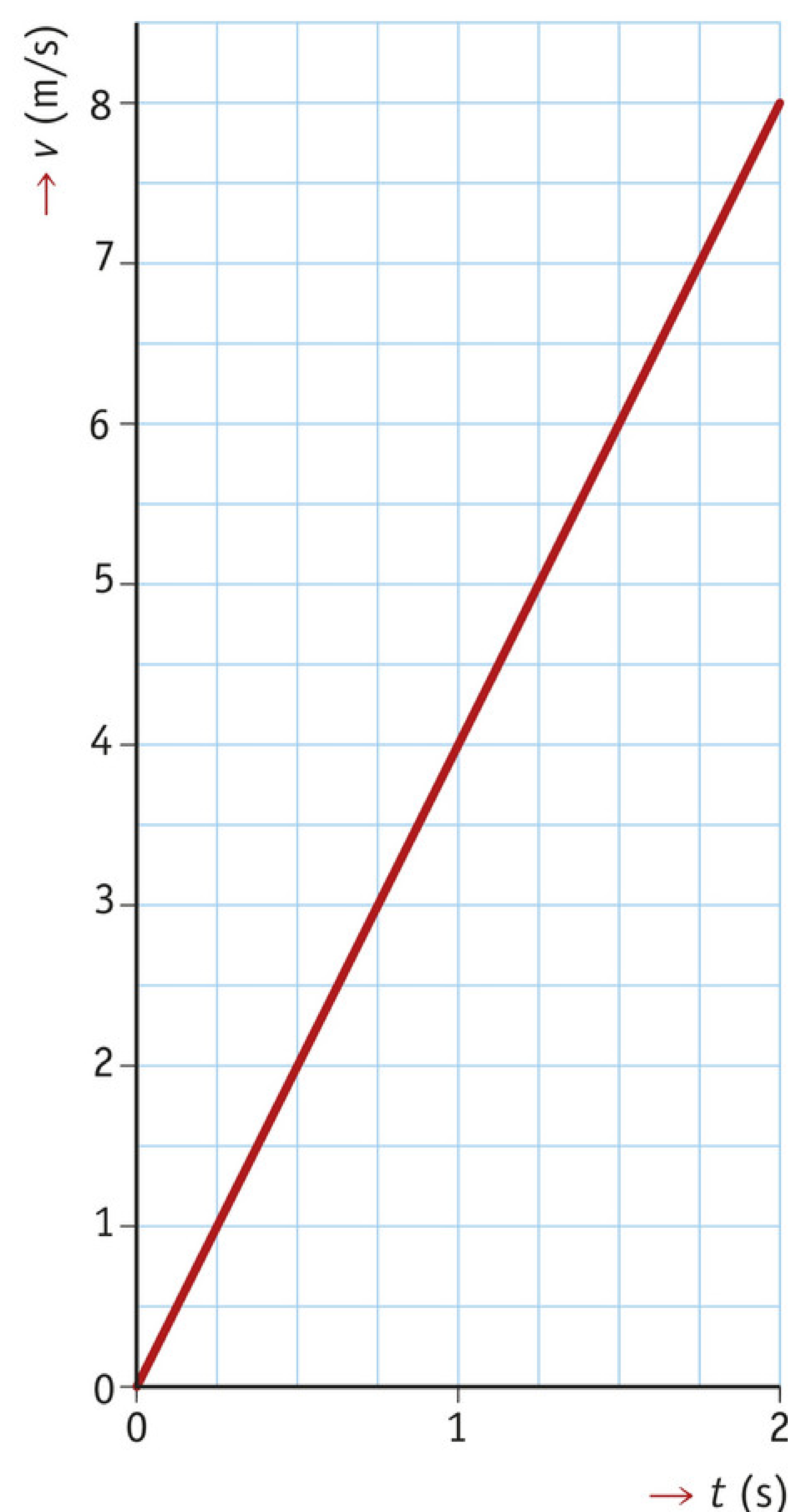
VERSNELDE BEWEGINGEN

In afbeelding 6 zie je een (v,t)-diagram uit het testrapport van een auto. De auto trekt tijdens de test op van 0 km/h naar 190 km/h.

In afbeelding 7 is het begin van de beweging 'vergroot' weergegeven. Je ziet dat de snelheid in de eerste twee seconden gelijkmatig toeneemt. Na één seconde is de snelheid 4 m/s, na twee seconden 8 m/s. Er komt dus elke seconde 4 m/s bij. Zo'n beweging waarvan de snelheid gelijkmatig groter wordt, noem je een **eenparig versnelde beweging**.



afbeelding 6 Zo trekt een auto op van 0 naar 190 km/h.



afbeelding 7 Zo versnelt de auto in de eerste twee seconden.

De snelheidstoename per seconde noem je de **versnelling**. Bij de beweging in afbeelding 7 is de versnelling 4 m/s per seconde. Dit wordt geschreven als 4 meter per seconde kwadraat (m/s^2). In formules wordt voor de versnelling de letter a gebruikt (van acceleratie). Als er staat $a = 4\ m/s^2$ lijkt dat misschien ingewikkeld. Maar het betekent gewoon dat de snelheid elke seconde toeneemt met 4 m/s.

Bij veel versnelde bewegingen is de versnelling niet steeds even groot. De beweging is wel versneld, maar niet eenparig versneld. Dat geldt ook voor de beweging in afbeelding 6: de snelheid blijft niet steeds toenemen met 4 m/s^2. Na de eerste twee seconden wordt de versnelling steeds kleiner, tot de auto zijn topsnelheid heeft bereikt.

DE VERSNELLING BEREKENEN

Tijdens een eenparig versnelde beweging neemt de snelheid gelijkmatig toe van de beginsnelheid (v_b) tot de eindsnelheid (v_e). Je kunt de snelheidsverandering berekenen door de beginsnelheid af te trekken van de eindsnelheid: $\Delta v = v_e - v_b$. Het symbool Δ (spreek uit: 'delta') betekent verandering. Δv staat dus voor de snelheidsverandering.

Om de versnelling te berekenen, deel je de snelheidsverandering door de benodigde tijd. Zo vind je de snelheidsverandering per seconde:

$$a = \frac{v_e - v_b}{t} \text{ of nog korter: } a = \frac{\Delta v}{t}$$

In deze formule is:

- a de versnelling, in meter per seconde kwadraat (m/s^2);
- v_b de beginsnelheid, in meter per seconde (m/s);
- v_e de eindsnelheid, in meter per seconde (m/s);
- t de tijd die de beweging heeft geduurd, in seconden (s).

Vaak kun je ook zonder formule beredeneren hoe groot de versnelling is. Je vraagt je dan gewoon af hoe groot de snelheidsverandering per seconde is.

VOORBEELDOPDRACHT 2

Renate wil een langzaam rijdende vrachtauto passeren (afbeelding 8). Haar auto versnelt eenparig gedurende 4,0 s. De snelheid neemt in die tijd toe van 90 km/h tot 126 km/h. Beredeneer of bereken de versnelling.



afbeelding 8 Een vrachtauto inhalen.

Je rekent de begin- en eindsnelheid eerst om naar m/s:

gegevens v_b = 90 km/h = 25 m/s
v_e = 126 km/h = 35 m/s
t = 4,0 s

gevraagd a = ? m/s^2

uitwerking door te beredeneren:
De snelheid neemt toe met 10 m/s (van 25 naar 35 m/s).
De auto doet daar 4,0 s over.

door te berekenen:
$\Delta v = v_e - v_b = 35 - 25 = 10$ m/s

$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{10}{4{,}0} = 2{,}5$ m/s^2

De versnelling is dus: $\frac{10}{4{,}0} = 2{,}5$ m/s^2



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1

a Hoe noem je een beweging waarvan:
- de snelheid steeds groter wordt?

....

- de snelheid steeds even groot is?

....

b Vul in.
In een (v,t)-diagram:

- staat de .... langs de horizontale as;
- staat de .... langs de verticale as.

c Als een auto in 2 seconden versnelt van 3 naar 7 m/s,
○ A is de snelheid 2 m/s.
○ B is de snelheid 4 m/s.
○ C is de versnelling 2 m/s^2.
○ D is de versnelling 4 m/s^2.

d In een opdracht staat dat een auto in 3 s eenparig versnelt van 50 km/h naar 80 km/h.
Met welke formule kun je de versnelling van de auto berekenen?

....

2

Vul tabel 1 verder in.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
afstand			m
		seconde	
			m/s
	a		

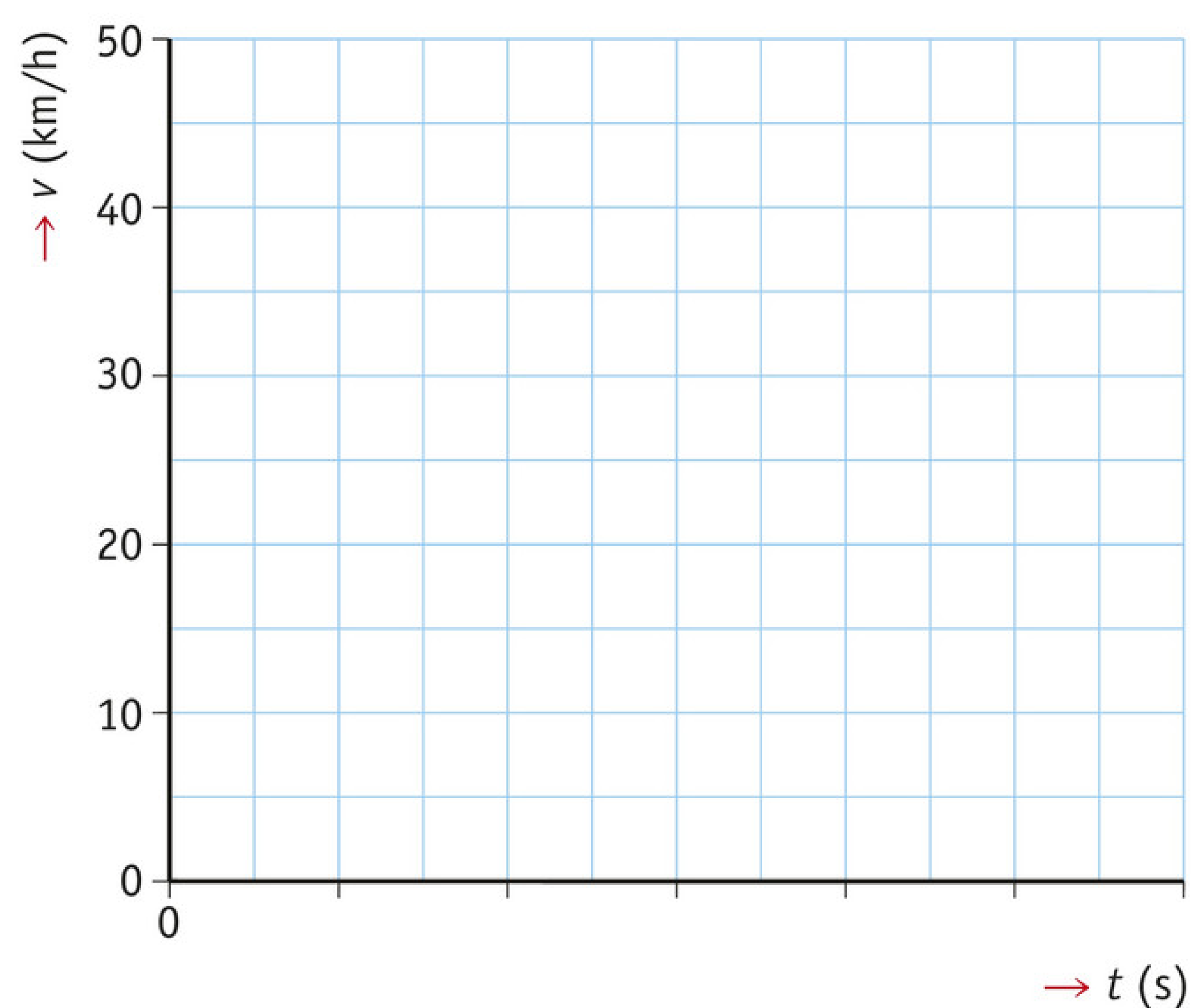
TOEPASSING

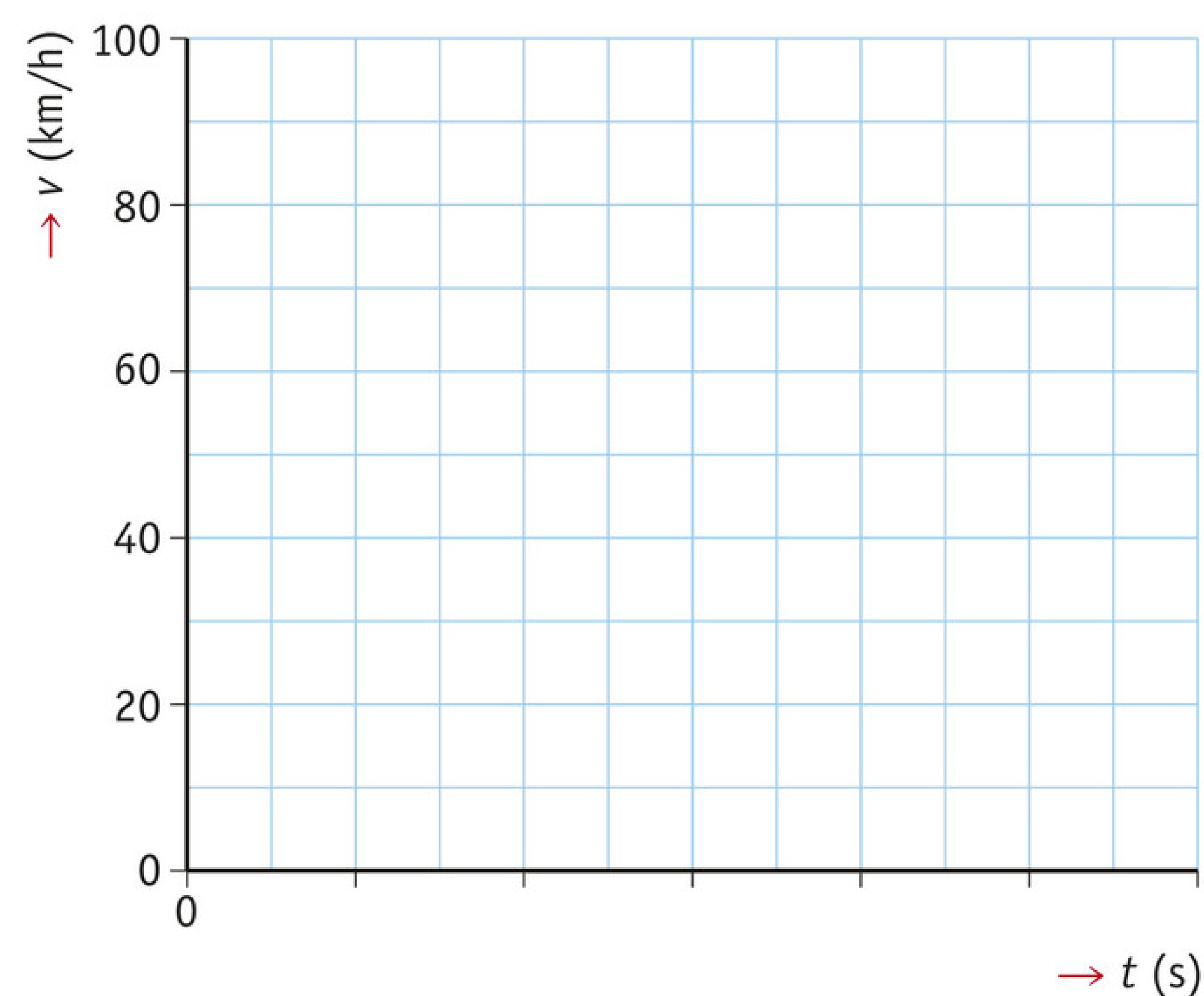
3  Schets in afbeelding 9 de (*v*,*t*)-diagrammen van de volgende bewegingen.

a Een schaatsrijder rijdt de ijsbaan rond met een constante snelheid van 28 km/h.

b Een skispringer daalt een skischans af met een snelheid die constant steeds groter wordt. Zijn eindsnelheid is 90 km/h.

afbeelding 9 De (*s*,*t*)-diagrammen van twee bewegingen.





4 Hierna worden twee eenparige bewegingen beschreven.
Bereken de snelheid van elke beweging in km/h.

a Jantina loopt in 10 minuten van school naar huis. Die afstand is 800 m.

....

....

....

....

....

....

b Nuri fietst over een weg waarlangs hectometerpaaltjes staan. Hij doet 19 seconden over de afstand tussen twee paaltjes (100 meter).

....

....

....

....

....

....

★ 5

Mike woont op 1,8 km van zijn werk. Normaal gaat hij op de fiets, maar vandaag heeft hij een lekke band en moet hij lopen. Als Mike fietst, is zijn snelheid 15 km/h. Als Mike loopt, is zijn snelheid 6 km/h.
Bereken hoeveel minuten Mike eerder van huis moet vertrekken om op dezelfde tijd op zijn werk te zijn als anders. Rond af op gehele minuten.

6

Hierna worden drie eenparig versnelde bewegingen beschreven.
Bereken de versnelling van elke beweging (in m/s^2).

a Een schaatser start voor de 500 meter sprint. Na 3 seconden is zijn snelheid 7,5 m/s.

b Op een proefterrein van de luchtmacht wordt een raket afgeschoten. De snelheid van een raket neemt in 6 seconden toe van 0 tot 288 m/s.

....

....

....

....

....

....

....

c Een auto rijdt met een snelheid van 63 km/h. De automobilist geeft meer gas, waardoor zijn snelheid in 5 seconden toeneemt tot 90 km/h.

....

....

....

....

....

....

....

7  Een sportauto wordt getest op optrekken en afremmen (afbeelding 10). In tabel 1 zie je de metingen bij het optrekken van de auto.

a Zet in het diagram van afbeelding 11 alle meetpunten uit en teken de grafiek van de snelheid tegen de tijd.

b Bepaal en noteer de tijd die de sportauto nodig heeft om op te trekken tot een snelheid van 70 km/h.

De tijd is .... s.

c Wat is juist over de versnelling tijdens de beweging?

○ A De versnelling blijft constant.
○ B De versnelling neemt af.
○ C De versnelling neemt toe.

naar: examen 2017-I

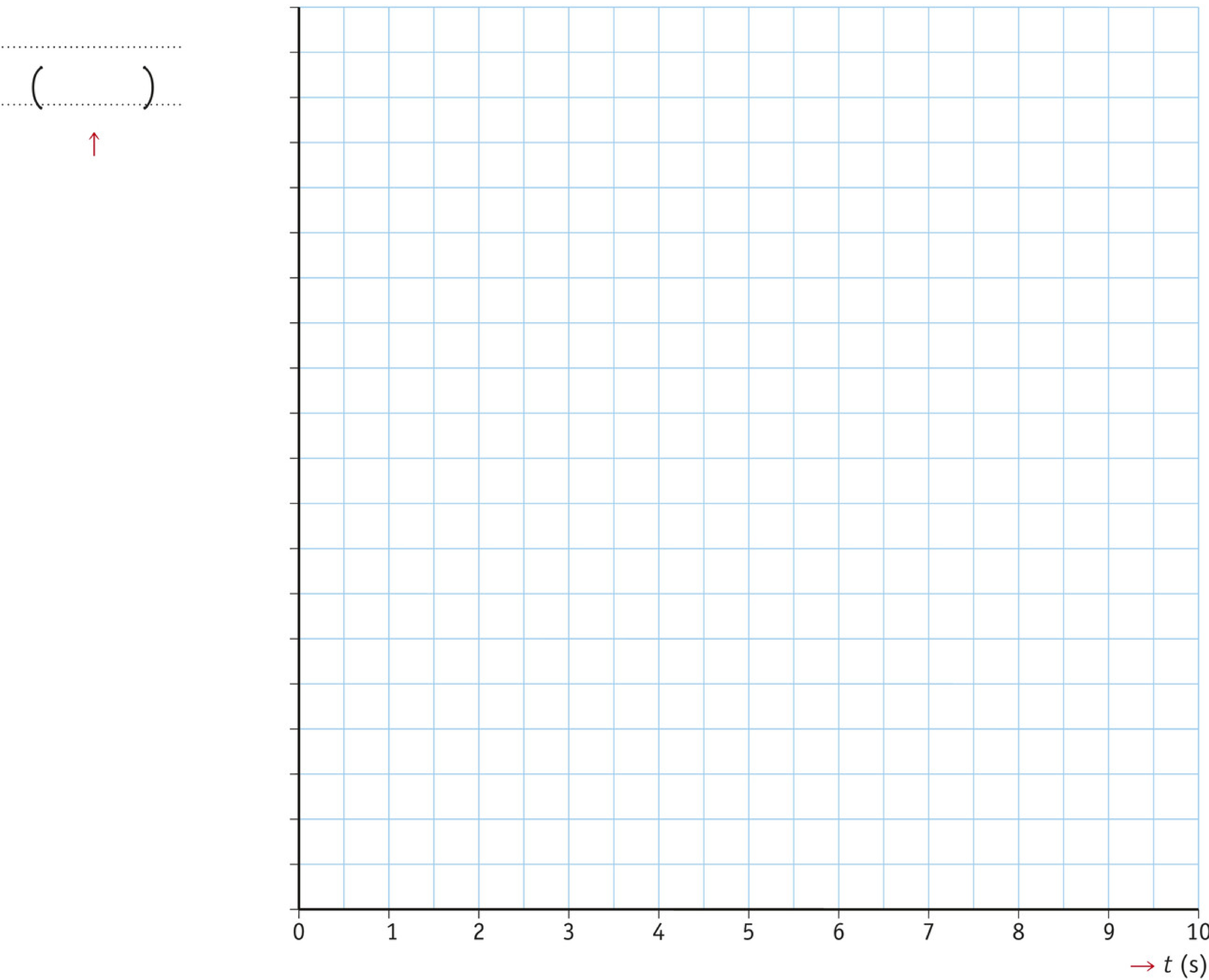


afbeelding 10 Een sportauto wordt getest.

tabel 1 De testresultaten bij het optrekken.

tijd (s)	snelheid (km/h)
0,0	0
1,0	40
3,0	100
5,5	150
7,5	180
9,5	200

....
.....( ).....
↑



afbeelding 11 Een grafiek van de snelheid tegen de tijd.

8  Petra laat een bal van een glijbaan afrollen. Tot aan het einde van de baan is de beweging van de bal eenparig versneld, met een versnelling van 1,4 m/s². De beginsnelheid v_b is 0 m/s.

a Leg uit dat de bal na 1 seconde een snelheid heeft van 1,4 m/s.

....

....

....

....

b Vul tabel 2 verder in.

c Teken in afbeelding 12 het (*v*,*t*)-diagram van de beweging.

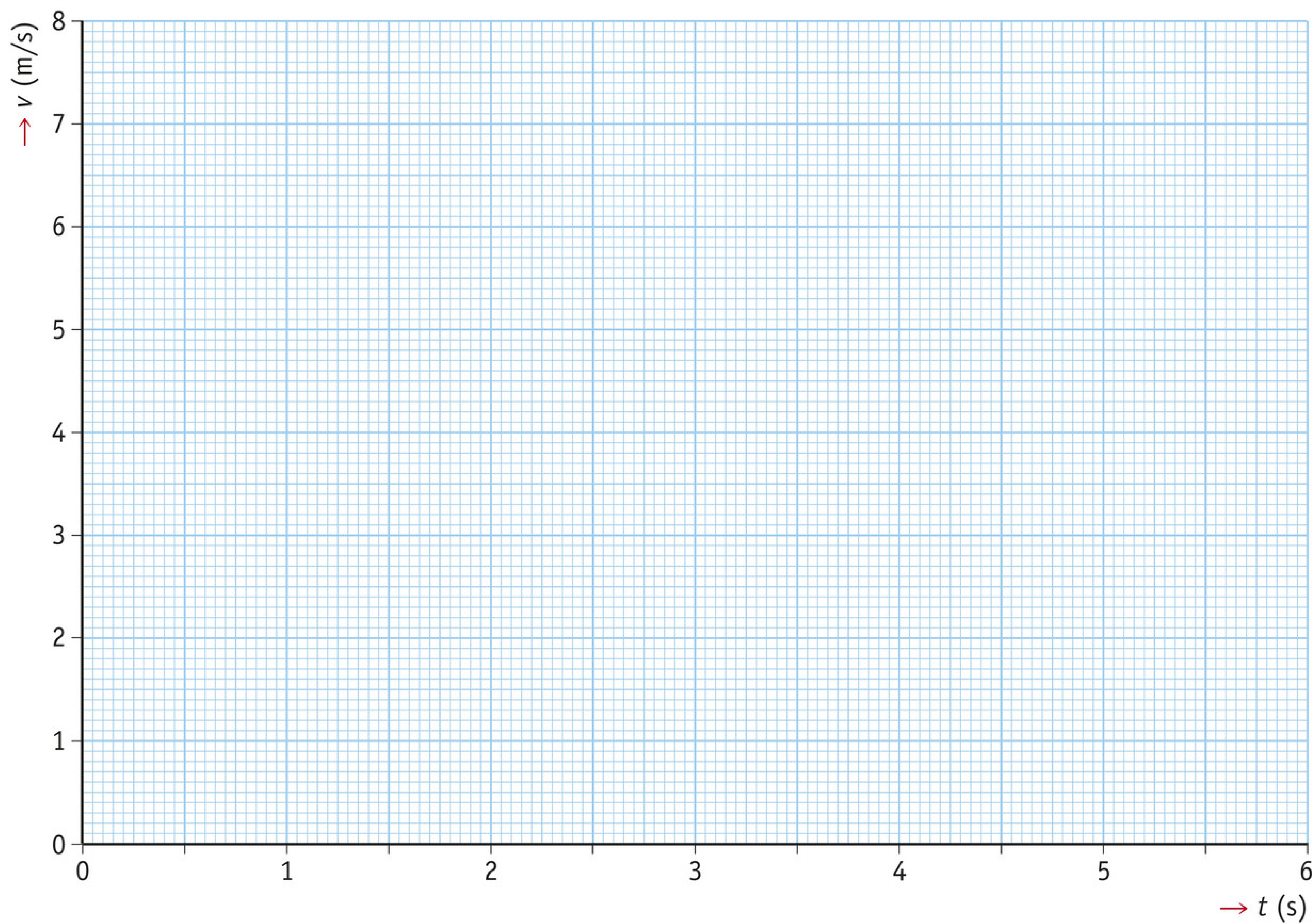
d Aan het einde van de baan heeft de bal een snelheid van 7,7 m/s.
Lees uit het diagram van afbeelding 12 af hoelang de bal nodig heeft om het einde van de baan te bereiken.

....

....

tabel 2 De gegevens van Petra's proef.

t (s)	v_e (m/s)
0	0
1	
2	
3	
4	



afbeelding 12 Het (*v*,*t*)-diagram van de proef van Petra.

9 Een wielrenster probeert in de kopgroep weg te fietsen bij haar tegenstanders. In 2,0 seconden versnelt ze van 36 km/h naar 45 km/h.
Beredeneer of bereken haar versnelling. Ga ervan uit dat haar beweging eenparig versneld is.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

3 Eenparig versneld

LEERDOELEN

15.3.1 Je kunt berekeningen uitvoeren met de snelheid bij een eenparig versnelde beweging.
15.3.2 Je kunt het (*v*,*t*)-diagram en het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging schetsen.
15.3.3 Je kunt de afstand berekenen die tijdens een eenparig versnelde beweging is afgelegd.
15.3.4 Je kunt berekeningen uitvoeren over valbewegingen met verwaarloosbare luchtweerstand.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	15.3.1	15.3.2	15.3.3	15.3.4	15.1.3*	15.1.4*	15.2.1*
Onthouden		1b, 2	1a	1cd			
Begrijpen							6a
Toepassen	4a	7c	3, 4bcd	8ab, 9abc, 10a	7a	7b	
Analyseren		6b	5	9d, 10bc	7d		

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Jerry is op wintersportvakantie. Hij kan kiezen tussen een helling voor beginners en een helling voor gevorderden. Op welke helling zal zijn versnelling het grootst zijn? Hoe komt dat?

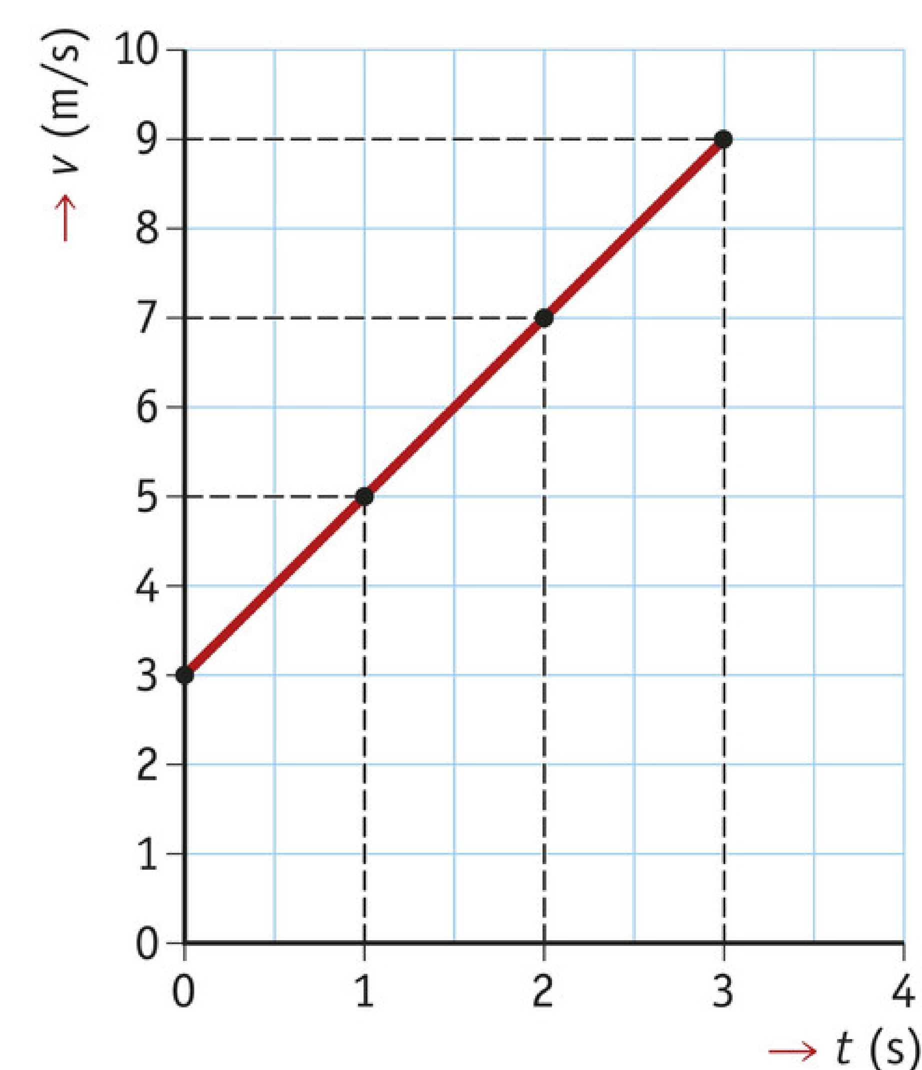
DE SNELHEID VAN MOMENT TOT MOMENT

In afbeelding 1 is het (*v*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging getekend. Je ziet dat de snelheid gedurende elke seconde toeneemt met 2 m/s. De versnelling (*a*) is dus 2 m/s^2.

Als de beweging begint, is de snelheid (v_b) 3 m/s.
De snelheid na 1 seconde (v_1) is: 3 + 2 × 1 = 5 m/s
De snelheid na 2 seconden (v_2) is: 3 + 2 × 2 = 7 m/s
De snelheid na 3 seconden (v_3) is: 3 + 2 × 3 = 9 m/s

Je kunt de snelheid na *t* seconden dus berekenen met de formule:

$$v_e = v_b + a \cdot t$$



afbeelding 1 Het (*v*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging.

In deze formule is v_b de beginsnelheid van de beweging, *a* de versnelling en v_e de snelheid na *t* seconden. Dit lijkt een nieuwe formule, maar eigenlijk staat er niets nieuws. Als je goed kijkt, zie je dat $v_e = v_b + a \cdot t$ dezelfde formule is als $a = \frac{v_e - v_b}{t}$ maar nu geschreven met v_e voor het isgelijkteken.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een auto rijdt met 45 km/h een dorp uit (afbeelding 2). Na het bord dat het einde van de bebouwde kom aangeeft, beweegt de auto 5 s lang eenparig versneld met een versnelling van 2 m/s².
Bereken de eindsnelheid in km/h.



afbeelding 2 Einde bebouwde kom: je mag weer versnellen.

gegevens v_b = 45 km/h = 12,5 m/s
a = 2 m/s²
t = 5 s

gevraagd v_e = ? km/h

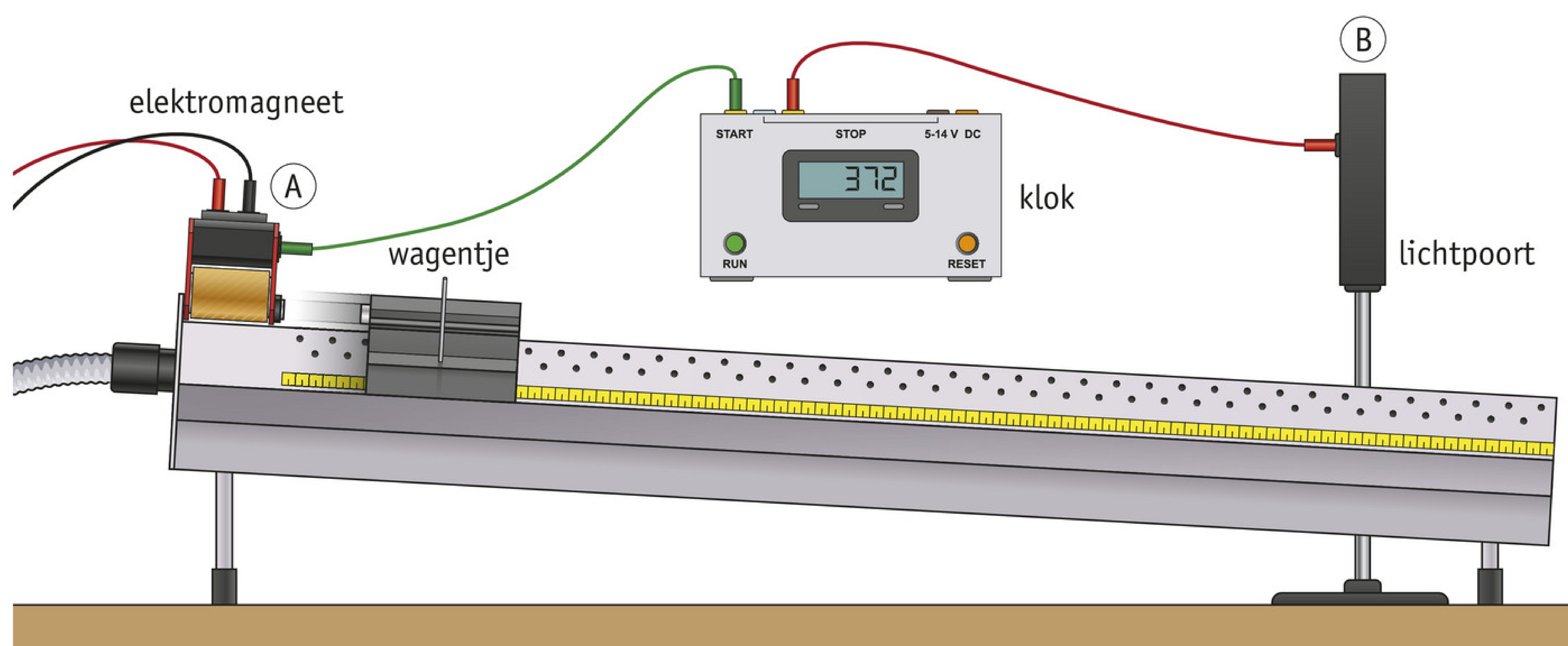
uitwerking $v_e = v_b + a \cdot t$
v_e = 12,5 + 5 × 2 = 12,5 + 10 = 22,5 m/s = 81 km/h

EEN PROEF MET EEN LUCHTKUSSENBAAN

PROEF 2 Je kunt meer te weten komen over eenparig versnelde bewegingen door proeven te doen met een luchtkussenbaan. In afbeelding 3 is zo'n proef getekend. Het wagentje zweeft vlak boven de baan op een laagje lucht. Daardoor is er bijna geen wrijvingskracht. De baan is een beetje schuin gezet, zodat het wagentje met een constante versnelling naar beneden beweegt.

Als het wagentje bij A wordt losgelaten, gaat de elektronische klok lopen. Bij B passeert het wagentje een lichtpoort. Het signaal van de lichtpoort stopt de klok weer. Op deze manier kun je heel precies bepalen hoelang het wagentje over een bepaalde afstand doet.

Je kunt de lichtpoort van een luchtkussenbaan op verschillende plaatsen neerzetten. Zo kun je het verband onderzoeken tussen de afstand s en de tijd t.



afbeelding 3 Een proef met een luchtkussenbaan.

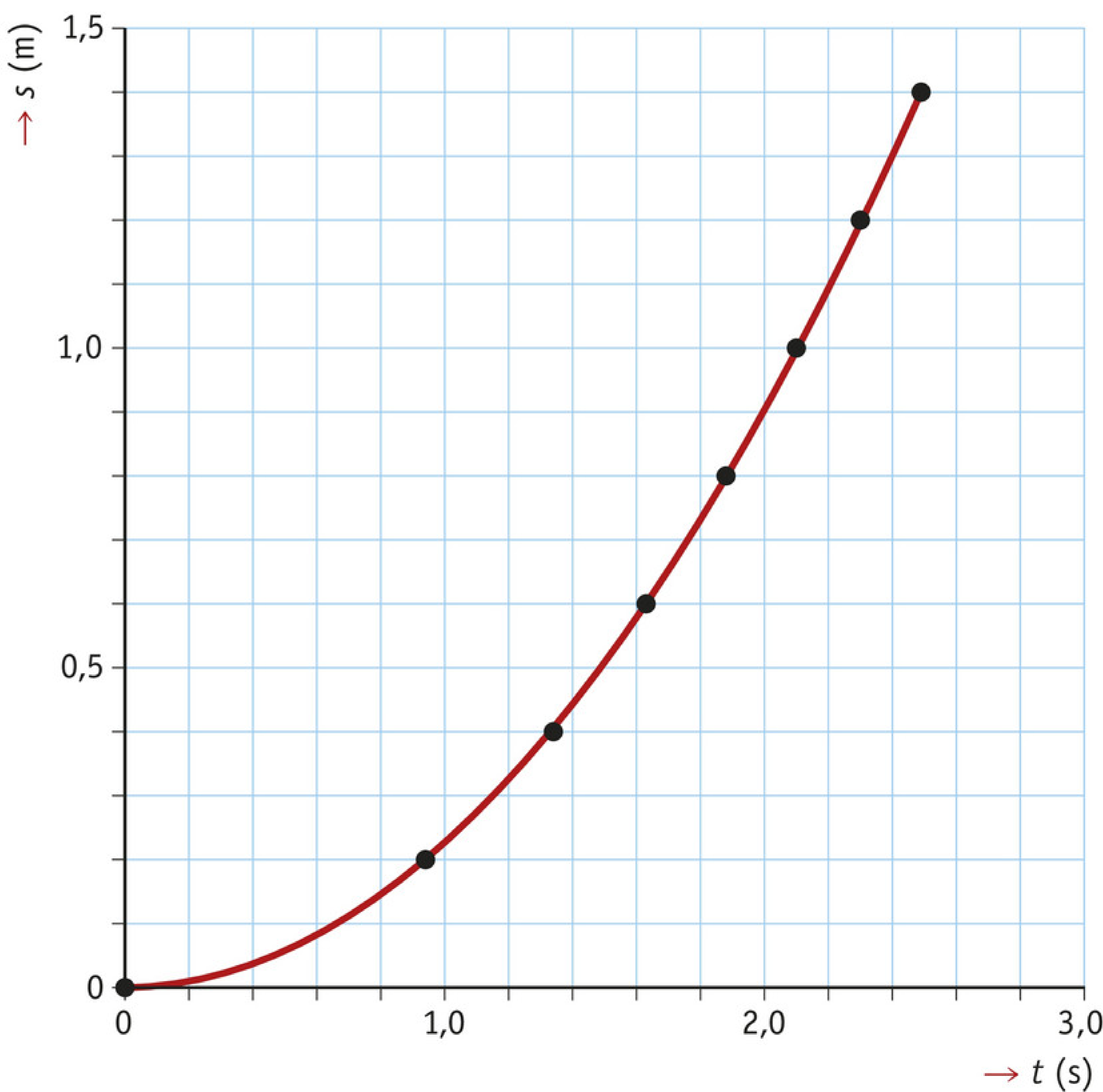
HET (*s*,*t*)-DIAGRAM VAN EEN EENPARIG VERSNELDE BEWEGING

In tabel 1 zijn de meetresultaten van een proef met een luchtkussenbaan afgedrukt. De lichtpoort is eerst op 20 cm van het startpunt neergezet, toen op 40 cm, 60 cm, 80 cm, enzovoort. Elke keer is de tijd gemeten die voor het afleggen van deze afstand nodig was.

tabel 1 Afstand bij een eenparig versnelde beweging.

t (s)	*s* (m)
0	0
0,94	0,20
1,34	0,40
1,63	0,60
1,88	0,80
2,10	1,00
2,30	1,20
2,50	1,40

Met de gegevens van tabel 1 is het (*s*,*t*)-diagram in afbeelding 4 getekend. Je ziet dat de grafiek een kromme is die steeds steiler omhoog loopt: doordat de snelheid steeds groter wordt, neemt de afstand steeds sneller toe. Zo'n grafiek noem je een (halve) dalparabool. Het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging heeft altijd deze kenmerkende vorm.



afbeelding 4 Het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging.

DE AFGELEGDE WEG BEREKENEN

Als een auto versneld beweegt, legt hij tijdens die beweging een bepaalde afstand af. Je kunt die afgelegde weg of afstand (zoals bij elke beweging) berekenen met:

$$s = v_{gem} \cdot t$$

De vraag is alleen wat je nu voor v_{gem} moet invullen. De snelheid van de auto verandert immers voortdurend.

Bij een eenparig versnelde beweging ligt de gemiddelde snelheid precies halverwege de beginsnelheid en de eindsnelheid. Als de beginsnelheid 10 m/s is en de eindsnelheid 16 m/s, is de gemiddelde snelheid dus 13 m/s.

Vaak kun je in één oogopslag zien hoe groot de gemiddelde snelheid is. Je hoeft geen berekening uit te voeren om te zien dat 13 precies tussen 10 en 16 in ligt. Als de getallen lastiger zijn, kun je de volgende formule gebruiken:

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$$

VOORBEELDOPDRACHT 2

De auto in voorbeeldopdracht 1 versnelde in 5 seconden van 45 km/h naar 81 km/h. Bereken de afstand die de auto in die tijd aflegt.

gegevens v_b = 45 km/h = 12,5 m/s
v_e = 81 km/h = 22,5 m/s
t = 5 s

gevraagd s = ? m

uitwerking $v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2} = \frac{12,5 + 22,5}{2} = \frac{35}{2} = 17,5$ m/s

$s = v_{gem} \cdot t = 17,5 \times 5 = 87,5$ m

DE VALBEWEGING

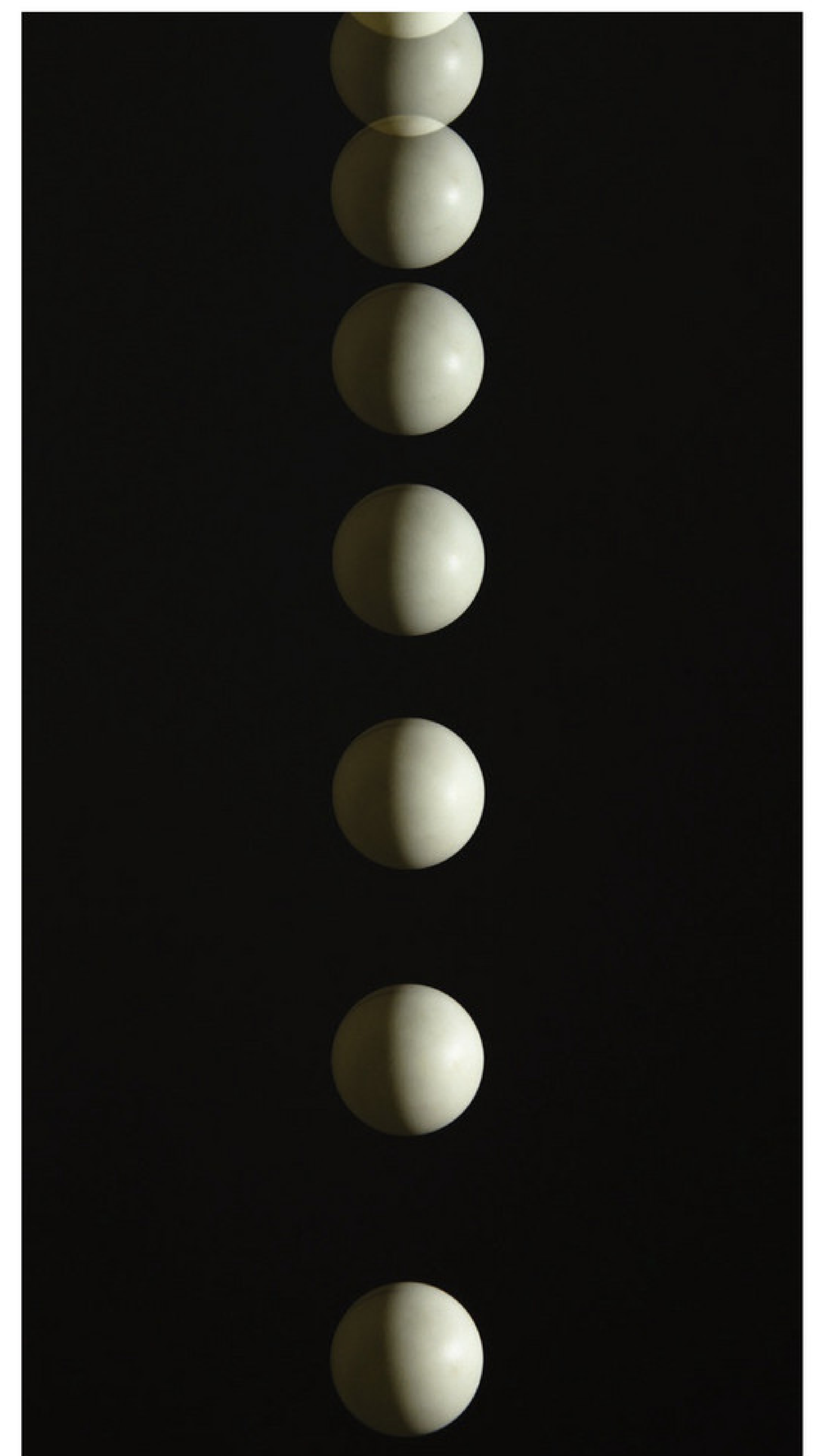
In afbeelding 5 zie je een stroboscopische foto van een vallende pingpongbal. Je ziet dat de bal onder invloed van de zwaartekracht versneld naar beneden beweegt. Als je de luchtweerstand mag verwaarlozen (ten opzichte van de zwaartekracht), geldt de volgende regel:

De valbeweging is een eenparig versnelde beweging met een versnelling van 9,8 m/s^2.

Het maakt niet uit hoe groot (of klein) de massa van een voorwerp is: als de luchtweerstand verwaarloosbaar klein is, is de **valversnelling** altijd 9,8 m/s^2. Voor deze valversnelling wordt de letter g gebruikt (en dus niet een a). In opdrachten wordt g afgerond tot 10 m/s^2.

In veel gevallen kun je de luchtweerstand niet verwaarlozen. Denk bijvoorbeeld aan een blad dat door de lucht naar beneden dwarrelt. Je ziet meteen dat zo'n blad niet een versnelling van 9,8 m/s^2 heeft. Ook een parachutist heeft gelukkig geen valversnelling van 9,8 m/s^2.

Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.



afbeelding 5 De pingpongbal valt eenparig versneld naar beneden.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Bij een eenparig versnelde beweging ligt de .... snelheid precies halverwege de .... en de ....

b Als je het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging tekent, krijg je een kromme die steeds .... omhoog loopt. Zo'n grafiek noem je een (halve) ....

c Als je de .... kunt verwaarlozen, is een valbeweging een .... versnelde beweging met een versnelling van ....

d Voor de valversnelling wordt de letter .... gebruikt in plaats van de letter *a*.

2 Het wagentje van een luchtkussenbaan ondervindt vrijwel geen wrijving.
Op welke manier is daarvoor gezorgd?

....

....

TOEPASSING

3 Een eenparig versnelde beweging heeft een beginsnelheid van 10 m/s en een eindsnelheid van 16 m/s.
Hoe groot is de gemiddelde snelheid van deze beweging?

....

4 Een auto, een vrachtauto en een scooter staan naast elkaar voor een rood verkeerslicht. Meteen nadat het verkeerslicht op groen is gesprongen, rijden ze weg. Ze bewegen zeker 3 seconden lang eenparig versneld:

- de auto met een versnelling van 3,2 m/s^2;
- de vrachtauto met een versnelling van 0,8 m/s^2;
- de scooter met een versnelling van 2,3 m/s^2.

a Bereken met welke snelheid elk voertuig na 3 seconden beweegt.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

b Noteer de gemiddelde snelheid van elk voertuig (in die 3 seconden).

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c Bereken hoe groot de afstand is die elk voertuig in die 3 seconden aflegt.

d Hoeveel meter voorsprong heeft de auto na 3 seconden op de vrachtauto?

5 Een auto passeert een bord 'einde bebouwde kom'. De automobilist drukt het gaspedaal in. In 4,5 seconden loopt de snelheid op van 50 km/h naar 80 km/h. Je mag ervan uitgaan dat de beweging eenparig versneld is.
Bereken hoe groot de afstand is die de auto in die 4,5 seconden aflegt.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

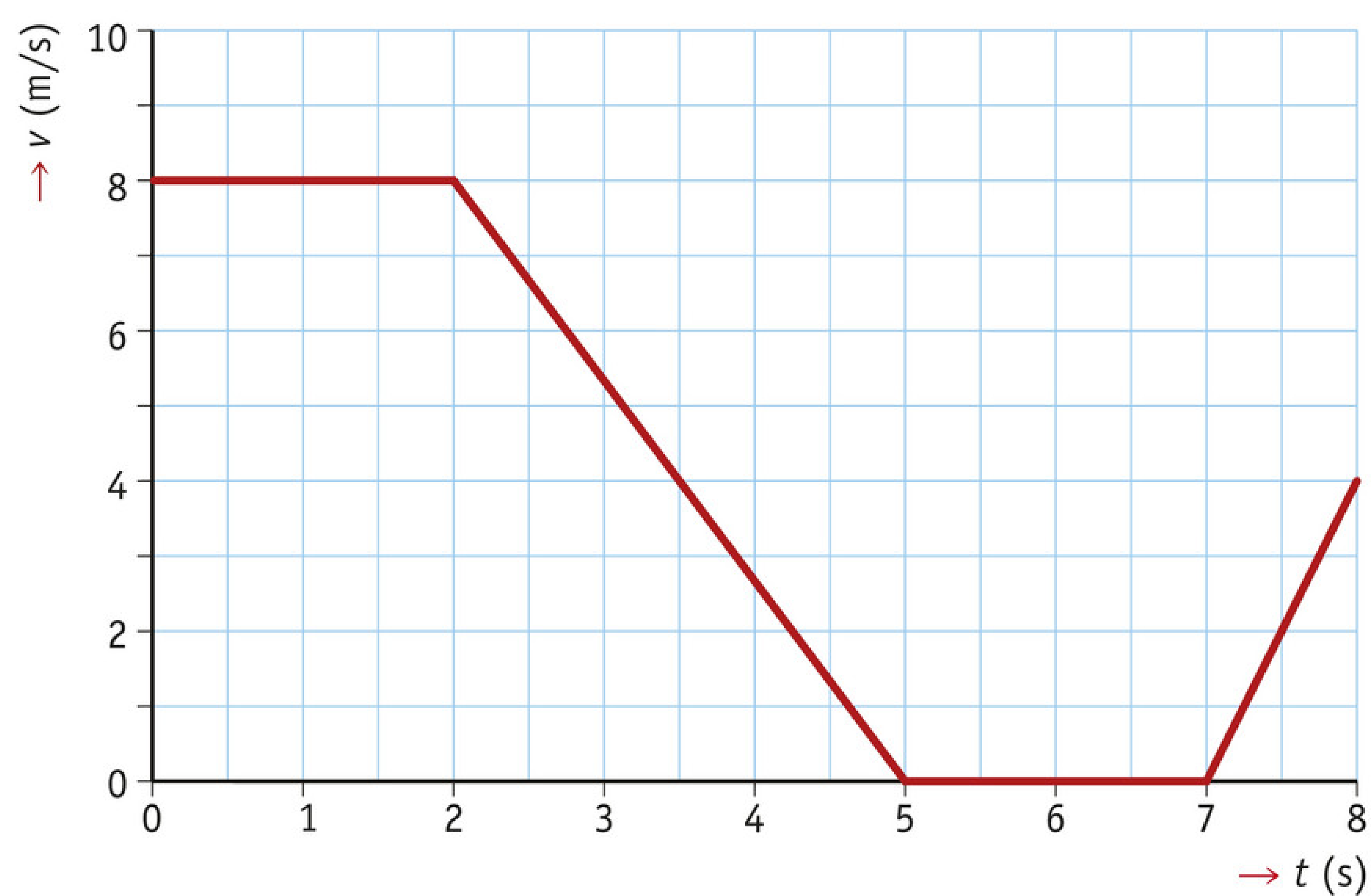
....

6 Peter en Fleur doen een practicum met de computer. Met een speciale sensor en een computerprogramma meten ze de beweging van een fietser gedurende 8 seconden. Op het beeldscherm zien Peter en Fleur het (v,t)-diagram van de beweging (afbeelding 6).

a In welk tijdsinterval is de beweging eenparig versneld?
- ○ A tussen t = 0 en t = 2 s
- ○ B tussen t = 2 en t = 5 s
- ○ C tussen t = 5 en t = 7 s
- ○ D tussen t = 7 en t = 8 s

b Met het computerprogramma kunnen Peter en Fleur van de beweging ook een (s,t)-diagram maken. In afbeelding 7 zie je drie diagrammen.
Wat is het correcte (s,t)-diagram?
- ○ A diagram A
- ○ B diagram B
- ○ C diagram C

afbeelding 6 Het (v,t)-diagram op het scherm van de computer.



afbeelding 7 Hoe ziet het (s,t)-diagram eruit?

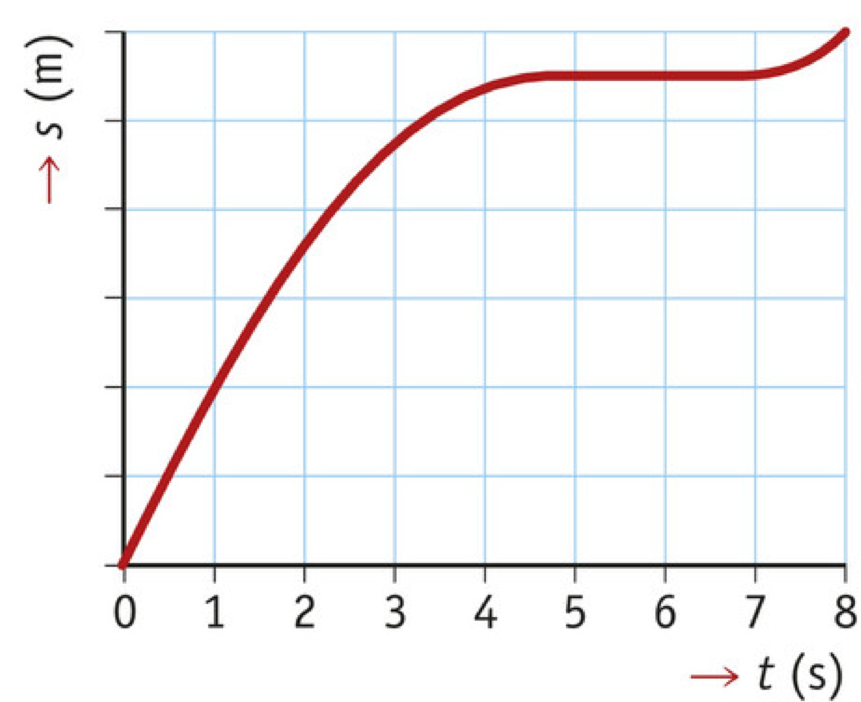


diagram A

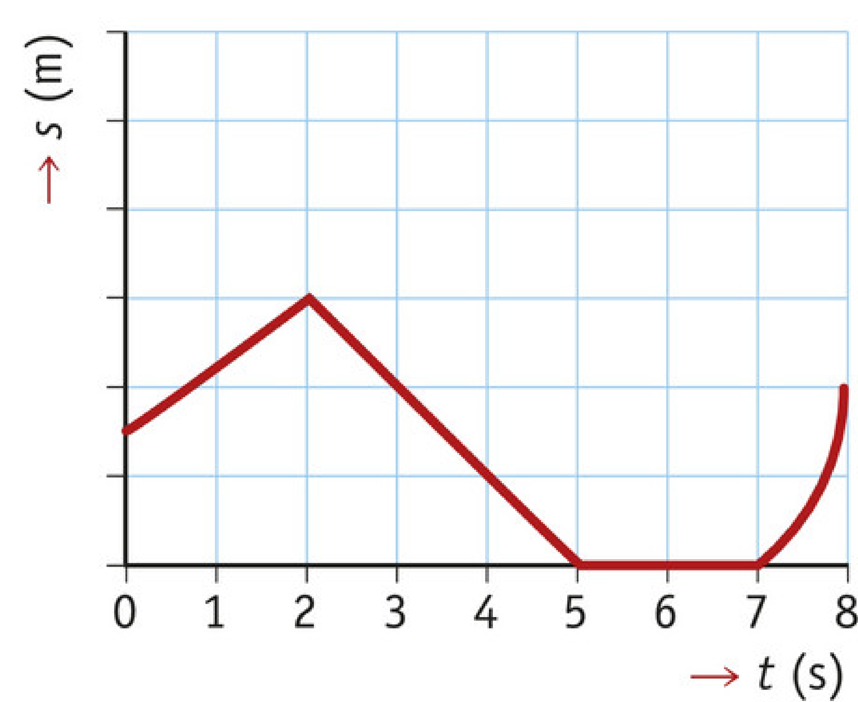


diagram B

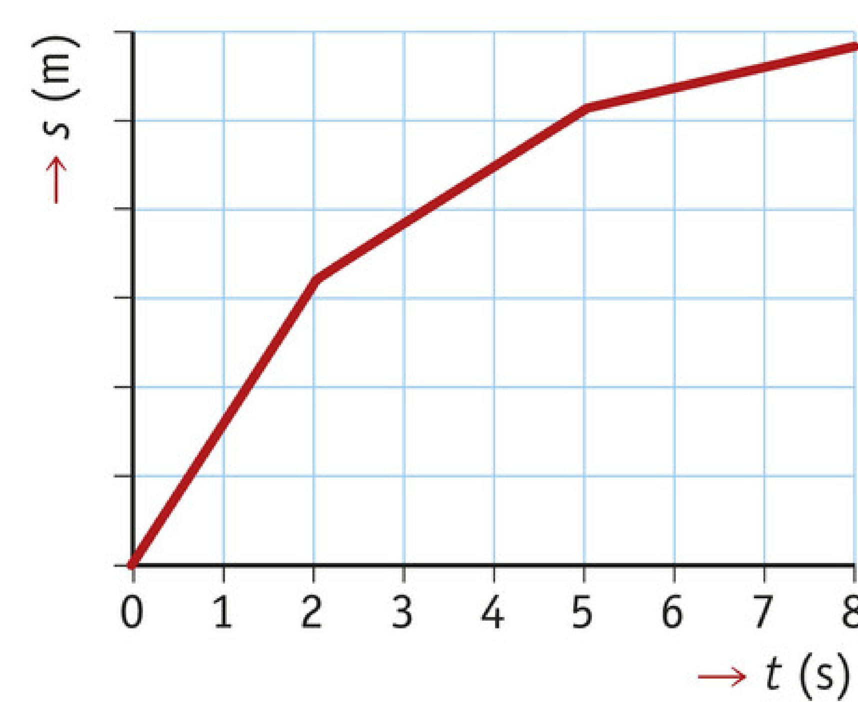


diagram C

★ 7 Bij honkbal wordt een bal met hoge snelheid naar de slagman geworpen (afbeelding 8). Die slaat met zijn honkbalknuppel de bal het speelveld in. Van de beweging van een bal na de worp is op verschillende tussentijden de afgelegde weg gemeten.
Je ziet de gegevens in tabel 2.



afbeelding 8 Een honkbalwedstrijd.

tabel 2 De afgelegde weg op verschillende tijdstippen.

t (s)	*s* (m)
0,0	0,0
0,10	4,2
0,20	8,4
0,36	15,0
0,44	18,5

a Zet in het diagram van afbeelding 9 alle meetpunten uit en teken de grafiek.

b Hoe groot is de gemiddelde snelheid van de bal tijdens de beweging na de worp?
- ○ A 21 km/h
- ○ B 42 km/h
- ○ C 135 km/h
- ○ D 151 km/h

c In afbeelding 10 zie je een aantal (v,t)-diagrammen.
Welk diagram hoort bij de beweging na de worp?
- ○ A diagram A
- ○ B diagram B
- ○ C diagram C
- ○ D diagram D

d Op het moment dat de bal een afstand van 9,0 m heeft afgelegd, begint de slagman zijn honkbalknuppel in beweging te brengen.
Bepaal hoeveel tijd de slagman dan nog heeft om de honkbalknuppel in de juiste positie te brengen om de bal te raken.

....

....

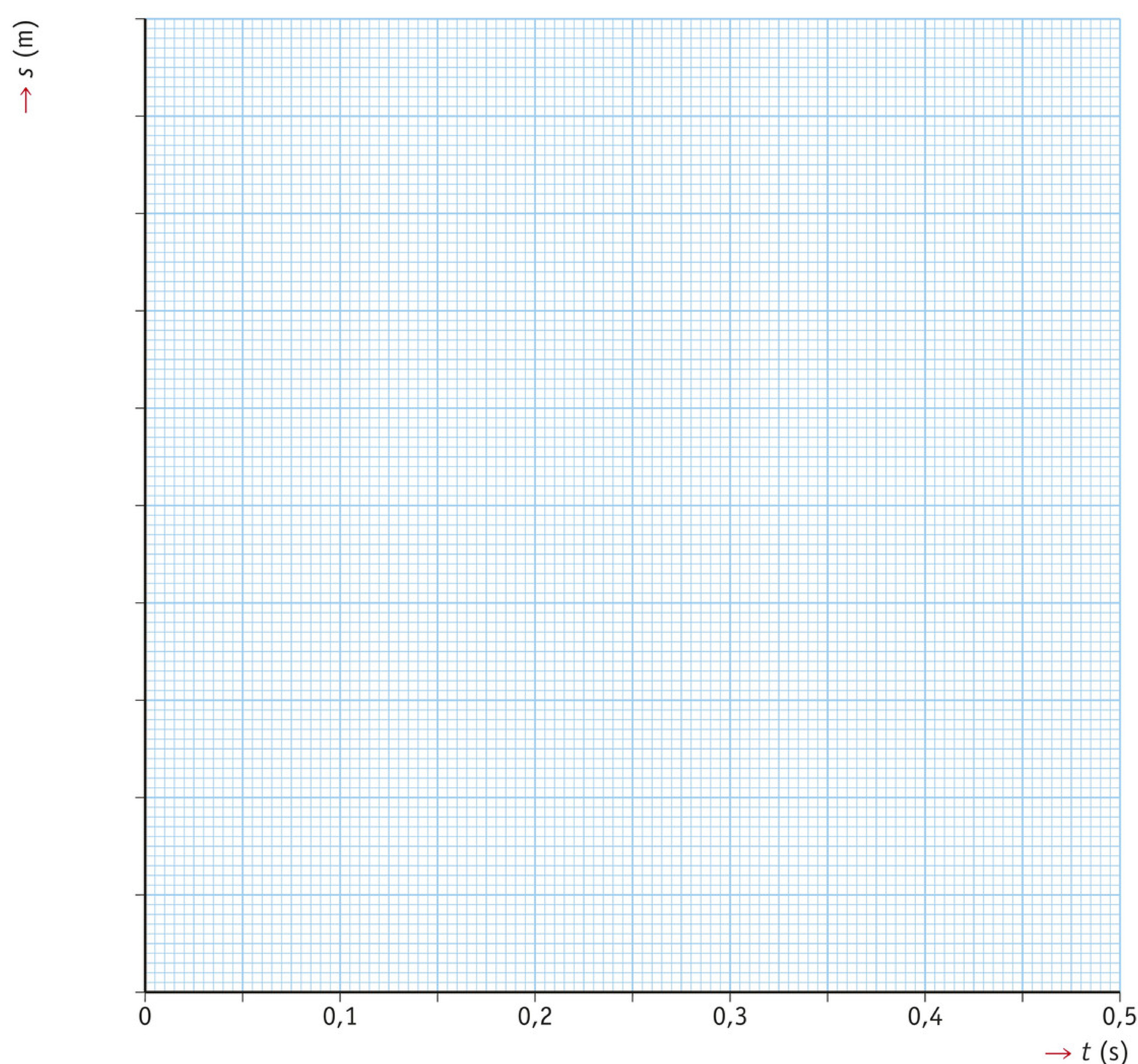
....

....

....

naar: examen 2021-I

afbeelding 9 Het (*s*,*t*)-diagram van de honkbal.



afbeelding 10 Welk (*v*,*t*)-diagram geeft de beweging van de honkbal juist weer?

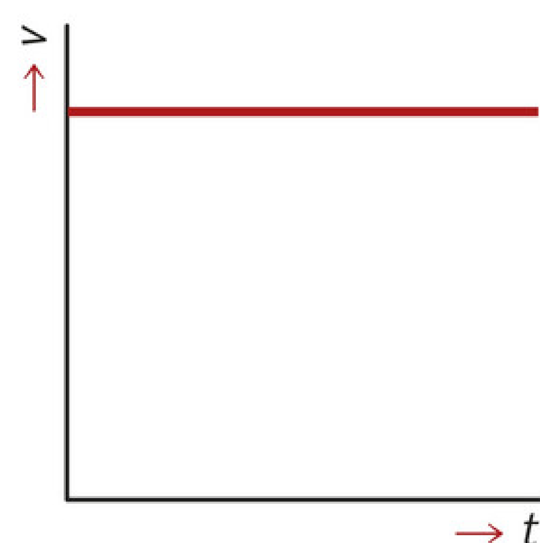


diagram A

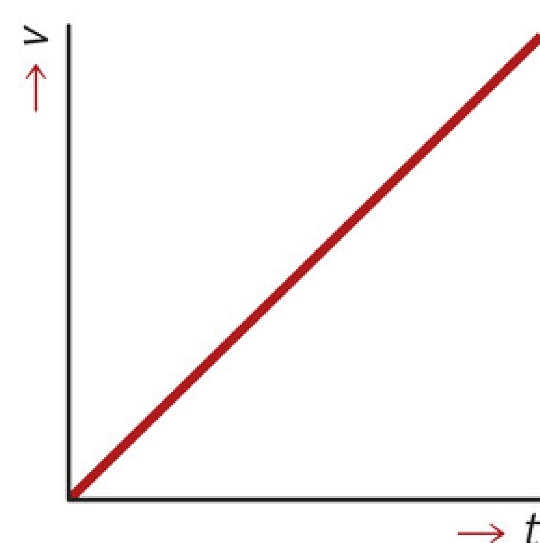


diagram B

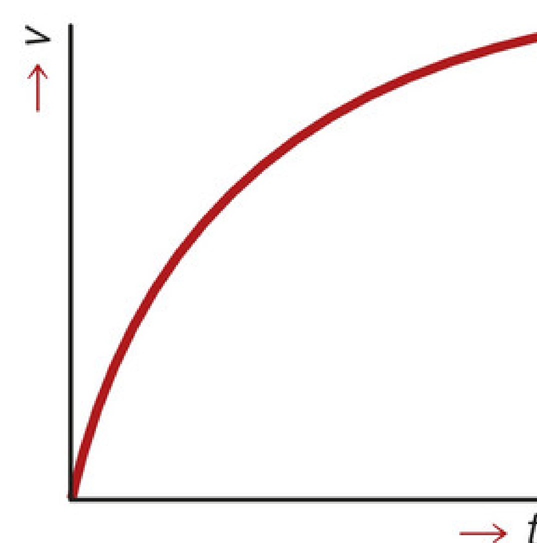


diagram C

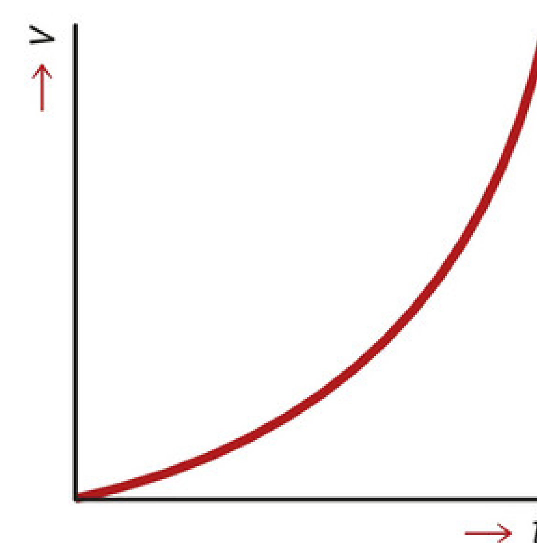


diagram D

8 Een parachutist springt uit een vliegtuig. Na 2 seconden trekt hij zijn parachute open. Je mag de luchtweerstand gedurende de eerste 2 seconden verwaarlozen.

a Bereken hoe groot de valsnelheid is na 1 seconde. Neem $g = 10\ m/s^2$.

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken hoe groot de valsnelheid is na 2 seconden.

....

....

....

....

....

....

....

....

★ 9

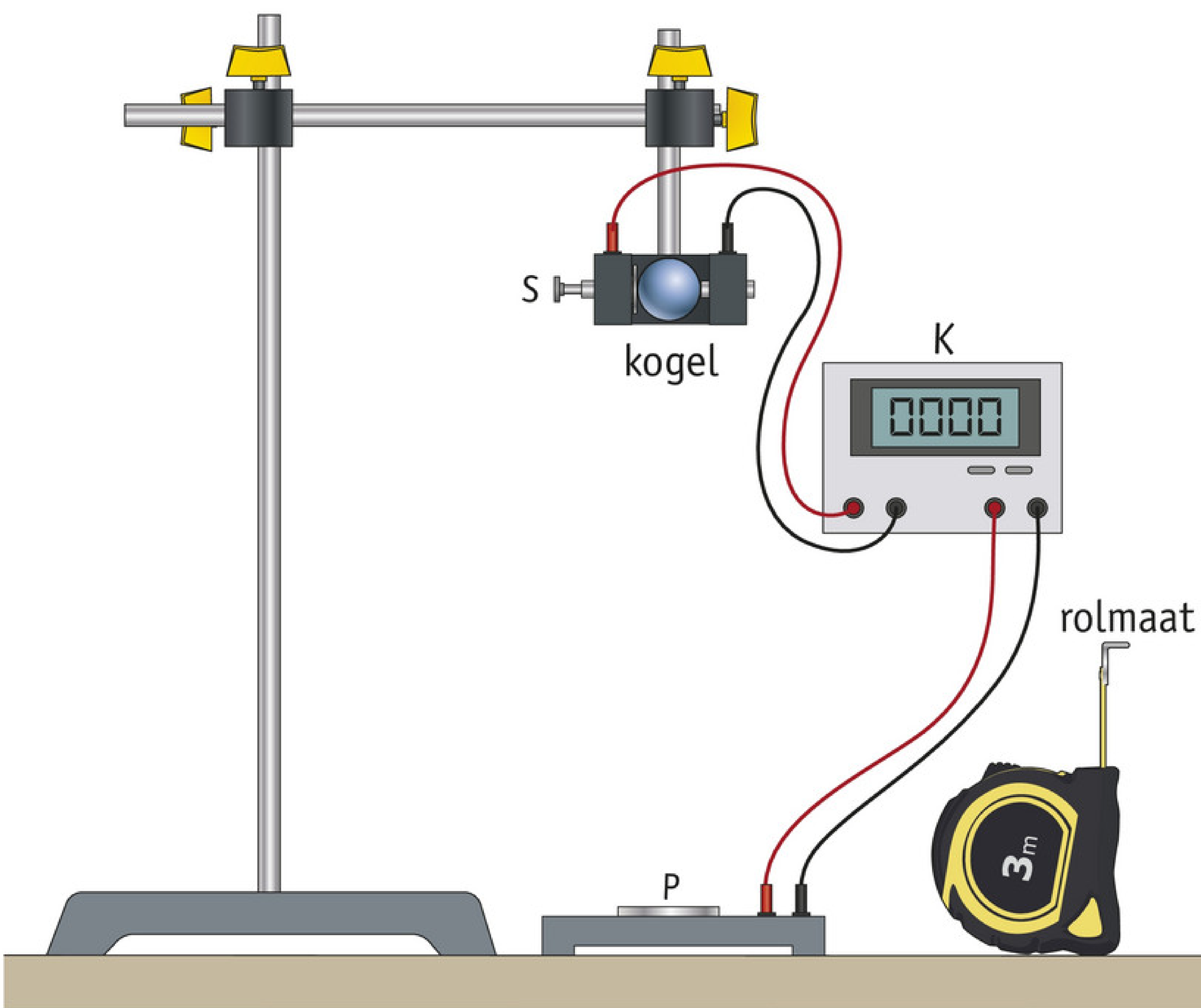
Zuhal wil de grootte van de valversnelling g bepalen. Ze voert de proef uit die in afbeelding 11 is afgebeeld. Als ze de schakelaar S indrukt, valt het kogeltje naar beneden. Tegelijkertijd begint de elektronische klok K te lopen. Als het kogeltje de plaat P raakt, wordt de elektronische klok stopgezet. In tabel 3 zie je de meetresultaten van Zuhal.

a Bereken de gemiddelde snelheid van elke beweging. Noteer de uitkomst in de vierde kolom van tabel 3.

b Beredeneer of bereken de eindsnelheid van elke beweging. Noteer de uitkomst in de vijfde kolom van tabel 3.

c Bereken bij elke meting de waarde van g. Gebruik de formule: $g = \frac{\Delta v}{t}$.
Noteer de uitkomsten in de zesde kolom van tabel 3.

d Hoeveel procent wijken je uitkomsten af van de waarde van g die in de theorie staat? Noteer de antwoorden in de zevende kolom.



afbeelding 11 De proefopstelling van Zuhal (niet op schaal).

tabel 3 De meetgegevens van Zuhal.

meting	valafstand (m)	valtijd (s)	gemiddelde snelheid (m/s)	eindsnelheid (m/s)	valversnelling (m/s^2)	afwijking (%)
1	1,00	0,46				
2	1,50	0,56				
3	2,00	0,64				

★ 10 Op een videofilm van ruimtevaartorganisatie NASA doet een astronaut een proef op de maan. Bij de proef laat de astronaut een hamer en een veer vallen. De twee voorwerpen worden tegelijkertijd op dezelfde hoogte losgelaten. Ze bereiken even later tegelijkertijd de maanbodem.

a Hoe komt het dat de veer tegelijk met de hamer de maanbodem bereikt en niet langzaam naar beneden 'dwarrelt' zoals op aarde?

....

....

b Het lijkt of de hamer en de veer in 'slow motion' naar beneden vallen. Welke conclusie kun je trekken over de valversnelling op de maan?

....

....

c Uit een videometing blijkt dat de hamer en de veer 1,15 m boven de maanbodem worden losgelaten, en dat de valtijd 1,2 s is. Bereken met deze gegevens de valversnelling op de maan.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Eenparig vertraagd

LEERDOELEN

15.4.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met een eenparig vertraagde beweging.
15.4.2 Je kunt de vertraging van een eenparig vertraagde beweging berekenen.
15.4.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met de snelheid bij een eenparig vertraagde beweging.
15.4.4 Je kunt het (*v*,*t*)-diagram en het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig vertraagde beweging schetsen.
15.4.5 Je kunt de afstand berekenen die tijdens een eenparig vertraagde beweging is afgelegd.
15.4.6 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met de stopafstand, de reactie-afstand en de remweg.

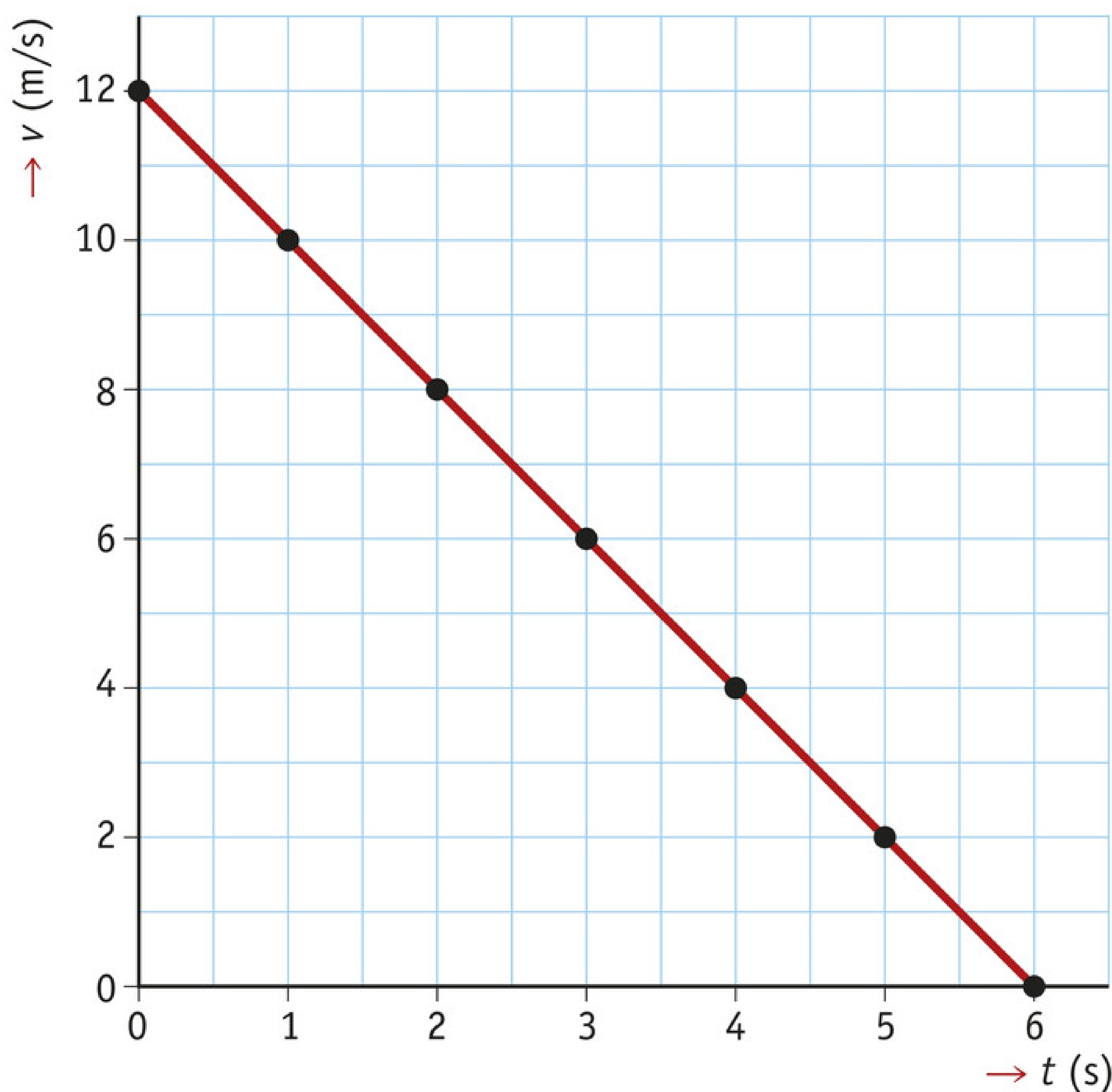
TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	15.4.1	15.4.2	15.4.3	15.4.4	15.4.5	15.4.6	15.2.1*	15.3.2*	15.3.3*
Onthouden	1ab		1c	1d		3abcd			
Begrijpen	2, 7ab			5b		9c		5d	
Toepassen	7c	4abc, 5c, 8d	9a		9b, 6d	6be	5a, 6ac, 8b		8a
Analyseren								8c	

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Militaire vliegtuigen maken bij de landing soms gebruik van een remparachute. Wanneer kan zo'n remparachute nodig zijn?

DE EENPARIG VERTRAAGDE BEWEGING

In afbeelding 1 is het (*v*,*t*)-diagram getekend van een auto die afremt voor een stoplicht. Je ziet dat de snelheid gelijkmatig afneemt tot de auto stilstaat: de beweging is **eenparig vertraagd**. Het (*v*,*t*)-diagram van zo'n beweging is een rechte lijn die schuin omlaag loopt.



afbeelding 1 Het (*v*,*t*)-diagram van een eenparig vertraagde beweging.

Je kunt uit het (v,t)-diagram aflezen dat de beginsnelheid 12 m/s is. Na 1 s is de snelheid 10 m/s, na 2 s is de snelheid 8 m/s, na 3 s is de snelheid 6 m/s, enzovoort. De snelheid neemt dus elke seconde af met 2 m/s. De snelheidsafname per seconde noem je de **vertraging**. Je schrijft: de vertraging is 2 m/s^2 of $a = 2\ m/s^2$.

Zoals je ziet, gebruik je de letter a niet alleen voor versnellingen, maar ook voor vertragingen. Het enige verschil is dat je bij een versnelling een snelheidstoename hebt, en bij een vertraging een snelheidsafname. Je gebruikt dus ook de formule:

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

Als je de vertraging berekent, moet je niet $\Delta v = v_e - v_b$ nemen, maar $\Delta v = v_b - v_e$. Anders wordt de uitkomst negatief.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een wielrenner remt tijdens een afdaling in de Tour de France af voor een haarspeldbocht (afbeelding 2). In 4,0 s neemt zijn snelheid af van 63 km/h naar 9 km/h.
Bereken de vertraging. Ga ervan uit dat de beweging eenparig vertraagd was.


afbeelding 2 Afremmen voor een haarspeldbocht.

gegevens $v_b = 63$ km/h = 17,5 m/s
$v_e = 9$ km/h = 2,5 m/s
$t = 4{,}0$ s

gevraagd $a = ?\ m/s^2$

uitwerking $\Delta v = v_b - v_e = 17{,}5 - 2{,}5 = 15$ m/s

$$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{15}{4{,}0} = 3{,}75\ m/s^2$$

De vertraging is dus 3,75 m/s^2.

SNELHEID EN AFSTAND

Met de formule:

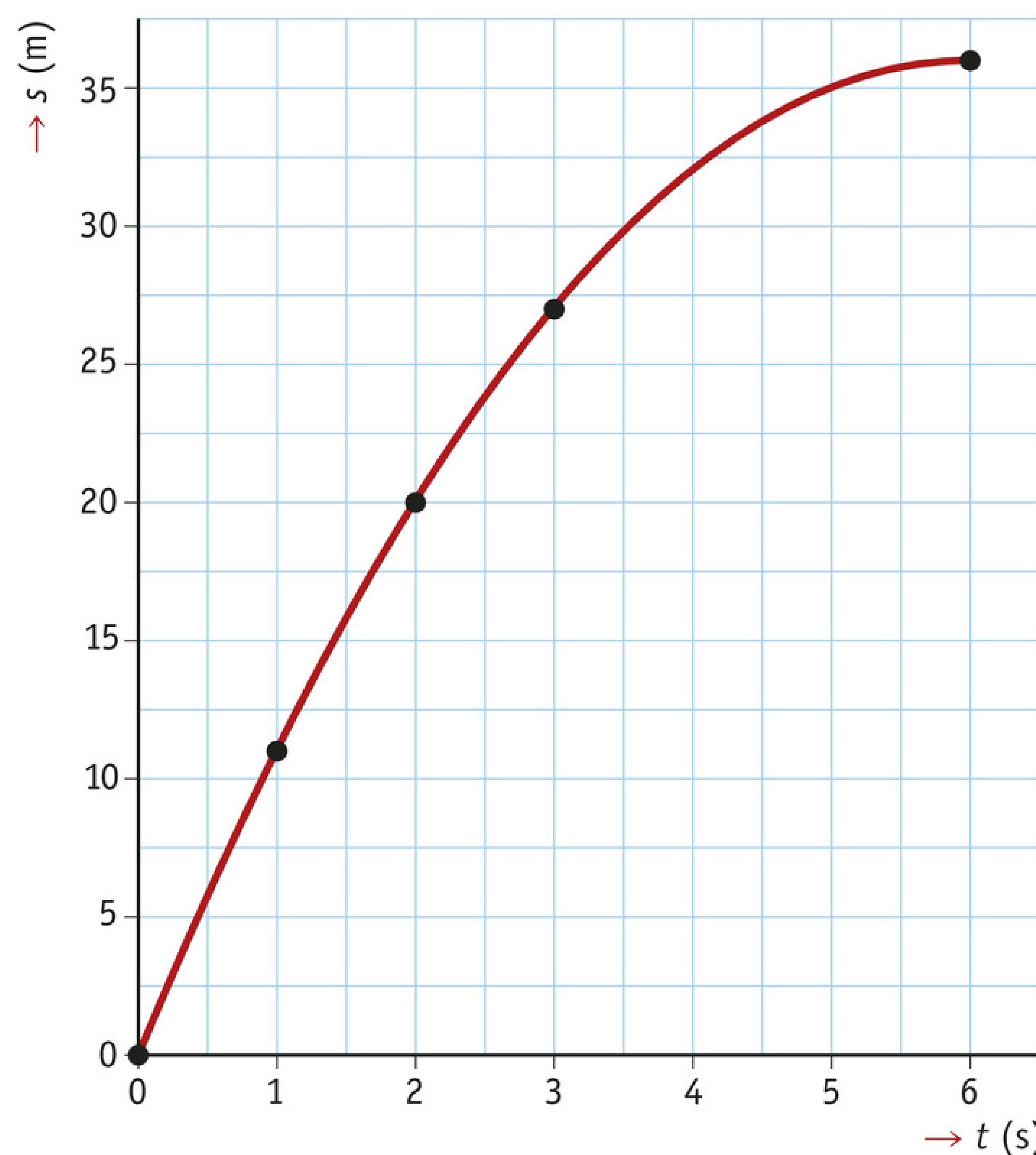
$$v_e = v_b - a \cdot t$$

kun je de snelheid berekenen tijdens een eenparig vertraagde beweging. De snelheid van de auto in afbeelding 1 neemt bijvoorbeeld zo af:
$v_e = v_b - a \cdot t$
$v_1 = 12 - 2 \times 1 = 12 - 2 = 10$ m/s
$v_2 = 12 - 2 \times 2 = 12 - 4 = 8$ m/s
$v_3 = 12 - 2 \times 3 = 12 - 6 = 6$ m/s
Enzovoort.
Je ziet dat de uitkomsten precies kloppen met het (v,t)-diagram in afbeelding 1.

De gemiddelde snelheid kun je net als bij de versnelde beweging berekenen met:

$$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$$

Daarna kun je de afstand berekenen met: $s = v_{gem} \cdot t$
In afbeelding 3 is het (*s*,*t*)-diagram van de beweging getekend. Je ziet dat de grafiek een kromme is die steeds minder steil omhoog loopt: de snelheid wordt steeds kleiner en daardoor gaat de afstand steeds langzamer omhoog. Zo'n grafiek noem je een (halve) bergparabool. Het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig vertraagde beweging heeft altijd deze kenmerkende vorm.



afbeelding 3 Het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig vertraagde beweging.

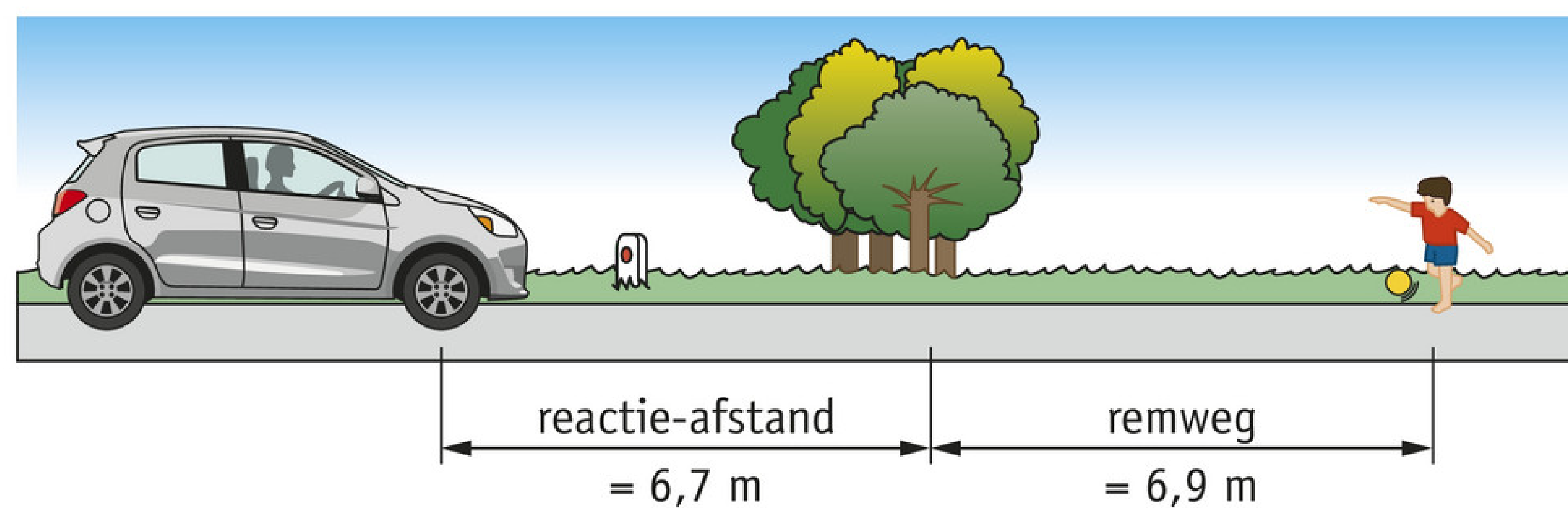
DE STOPAFSTAND BEREKENEN

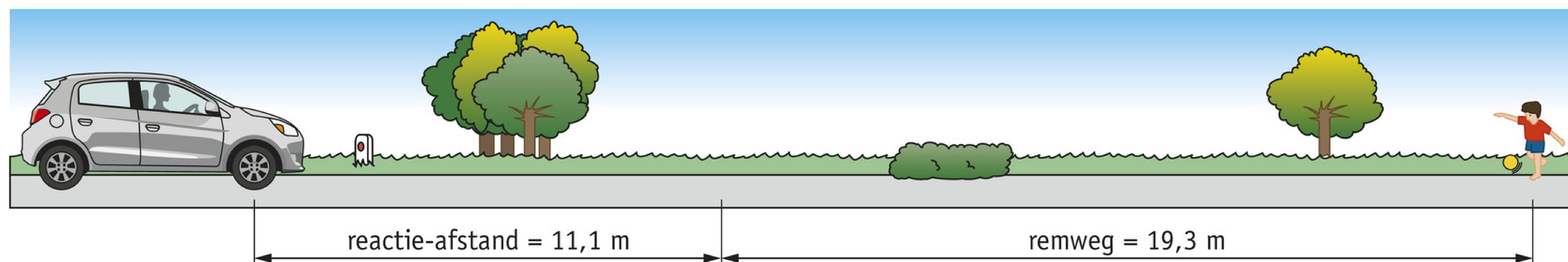
Als een automobilist ziet dat hij moet stoppen, remt de auto niet meteen. Het duurt even voor het rempedaal is ingetrapt en de remmen aanslaan. De tijd die daarvoor nodig is, noem je de **reactietijd**. Tijdens de reactietijd beweegt de auto verder zonder af te remmen. De afstand die de auto tijdens deze eenparige beweging aflegt, wordt de **reactie-afstand** genoemd.

Nadat de remmen zijn ingetrapt, beweegt de auto eenparig vertraagd verder, tot hij stilstaat. De afstand die de auto tijdens deze eenparig vertraagde beweging aflegt, noem je de **remweg**. De totale stopafstand bestaat dus uit twee delen: de reactie-afstand en de remweg.

stopafstand = reactie-afstand + remweg

Hoe sneller iemand rijdt, des te groter zijn de reactie-afstand en de remweg, en dus ook de stopafstand (afbeelding 4).

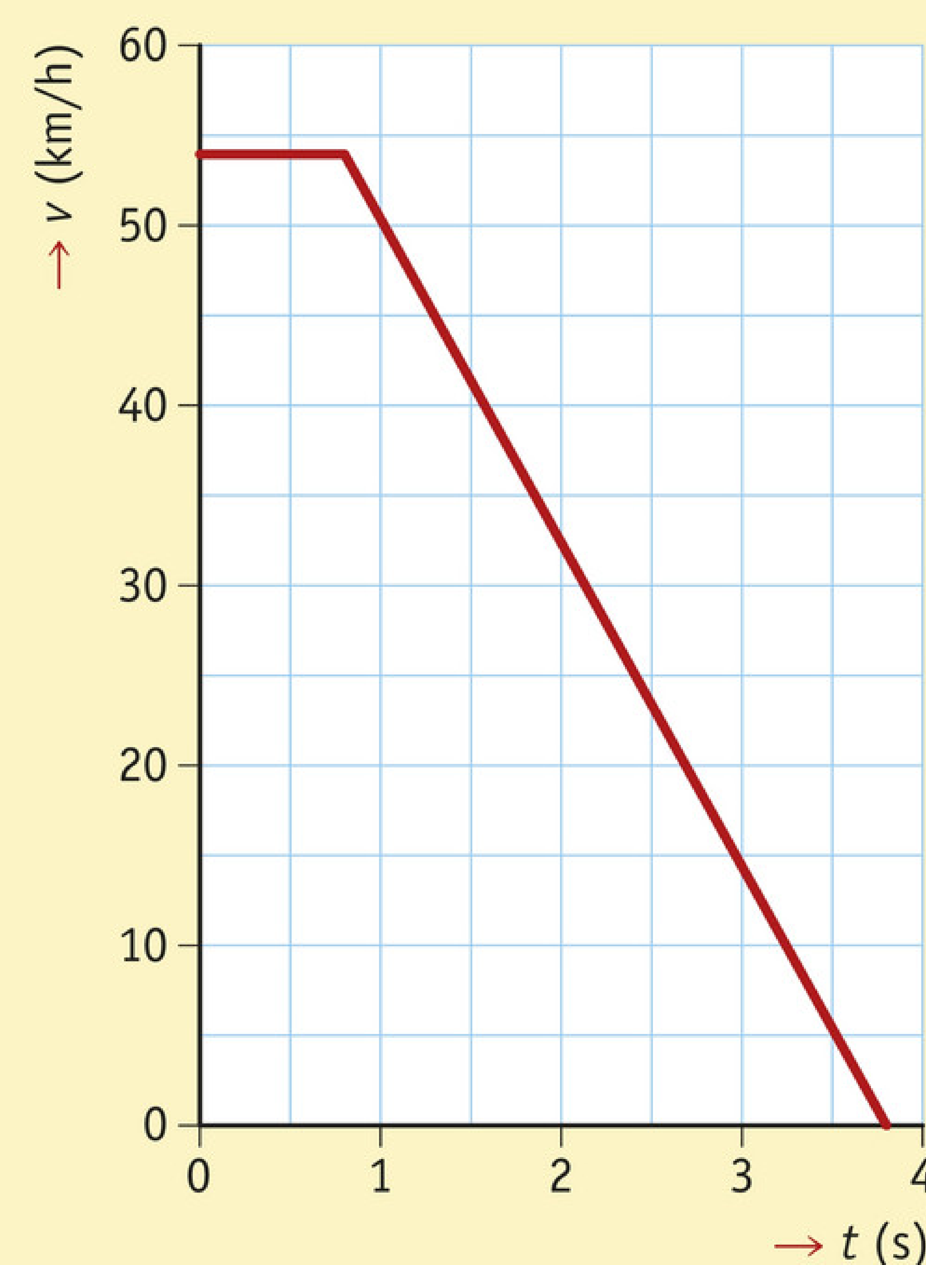




afbeelding 4 De stopafstand bij 0,8 s reactietijd en een remvertraging van 5 m/s^2.

VOORBEELDOPDRACHT 2

In afbeelding 5 zie je het (v,t)-diagram van een auto die met 54 km/h (= 15 m/s) een zebrapad nadert. Op t = 0 s ziet de bestuurder iemand het zebrapad oplopen. Op t = 0,8 s begint hij te remmen en op t = 3,8 s komt hij tot stilstand.
Bereken de stopafstand.



afbeelding 5 Stoppen voor een zebrapad: eerst reageren, dan remmen.

Dit is een berekening in drie stappen:

1 Bereken de reactie-afstand

gegevens $v = 15$ m/s
$t = 0{,}8$ s

gevraagd $s = ?$ m

uitwerking $s = v \cdot t = 15 \times 0{,}8 = 12$ m

2 Bereken de remweg

gegevens $v_b = 15$ m/s
$v_e = 0$ m/s
$t = 3{,}0$ s

gevraagd $s = ?$ m

uitwerking $v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2} = \frac{15 + 0}{2} = \frac{15}{2} = 7{,}5$ m/s

$s = v_{gem} \cdot t = 7{,}5 \times 3{,}0 = 22{,}5$ m

3 Bereken de stopafstand

gegevens reactie-afstand = 12 m (zie stap 1)
remweg = 22,5 m (zie stap 2)

gevraagd stopafstand = ? m

uitwerking stopafstand = reactie-afstand + remweg = 12 + 22,5 = 34,5 m

De auto komt dus na 34,5 m tot stilstand.



Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Als de snelheid van een beweging gelijkmatig afneemt, is de beweging .... vertraagd.

b De snelheidsafname per seconde wordt de .... genoemd, met als symbool de letter ....

c Met de formule .... kun je de snelheid berekenen tijdens een eenparig vertraagde beweging.

d Als je het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig vertraagde beweging tekent, krijg je een kromme die steeds .... omhoog loopt. Zo'n grafiek noem je een (halve) ....

2 Als de snelheid in 3 s gelijkmatig afneemt van 12 naar 6 m/s, is de vertraging:

- ○ A 6 m/s
- ○ B 2 m/s
- ○ C 6 m/s^2
- ○ D 2 m/s^2

3 Als een automobilist ziet dat hij moet stoppen, remt de auto niet op hetzelfde moment al af.

a De tijd tussen het zien van het gevaar en het aanslaan van de remmen noem je de ....

b De afstand die de auto in die tijd aflegt noem je de ....

c De afstand die de auto tijdens het remmen aflegt tot hij stilstaat noem je de ....

d Hoe kun je de totale stopafstand berekenen?

....

....

TOEPASSING

4 Hierna worden drie eenparig vertraagde bewegingen beschreven.
Bereken de vertraging van elke beweging (in m/s^2).

a Caitlyn fietst met een snelheid van 5 m/s. Ze houdt op met trappen. Na 20 seconden is haar snelheid afgenomen tot 2,3 m/s.

....

....

....

....

....

....

....

b Een auto rijdt met een snelheid van 72 km/h. Hij remt voor een stoplicht. Na 7 seconden staat de auto stil.

....

....

....

....

....

....

....

c Een auto botst met een snelheid van 50 km/h tegen een boom. De bestuurder komt na 0,3 seconden tot stilstand.

....

....

....

....

....

....

....

Werken als verkeerskundige beroep



Hoe komt iemand erbij om verkeerskundige te worden? Om die vraag moet Iris (29 jaar, adviseur infrastructuur) een beetje lachen. “Dat wordt me wel vaker gevraagd,” zegt ze, “alsof het zo’n gekke keuze is. Maar eigenlijk ging het vanzelf. Na vmbo-gt en havo heb ik de hbo-opleiding Built Environment gedaan, omdat de combinatie van techniek en creativiteit me aansprak. Na een stage op een bureau voor verkeersontwerp heb ik voor mobiliteit als afstudeerrichting gekozen. En nu werk ik zelf al weer vijf jaar als verkeerskundige. Wij komen met praktische oplossingen voor lastige verkeersproblemen: mooi werk, dat vind ik nog steeds. En het geeft een kick als je over een kruispunt fietst, dat je zelf hebt helpen ontwerpen.”

5  Lees de tekst ‘Werken als verkeerskundige’.
Bart rijdt in zijn auto door de stad. Op een gegeven moment ziet hij dat de verkeerslichten even verderop op rood springen. Hij haalt z’n voet van het gas en begint te remmen. Maar voordat de auto helemaal stilstaat, springen de verkeerslichten alweer op groen. Bart geeft gas en rijdt verder.
In afbeelding 6 zie je hoe de snelheid van Barts auto verandert.

a Teken in afbeelding 7 in het (v,t)-diagram de grafiek van deze beweging.

b Tussen t = 3 s en t = 8 s beweegt Barts auto vertraagd.
Waaraan kun je zien dat de beweging niet eenparig vertraagd is?

....

....

c Hoe groot is de gemiddelde vertraging tussen t = 3 s en t = 8 s?

....

....

....

....

....

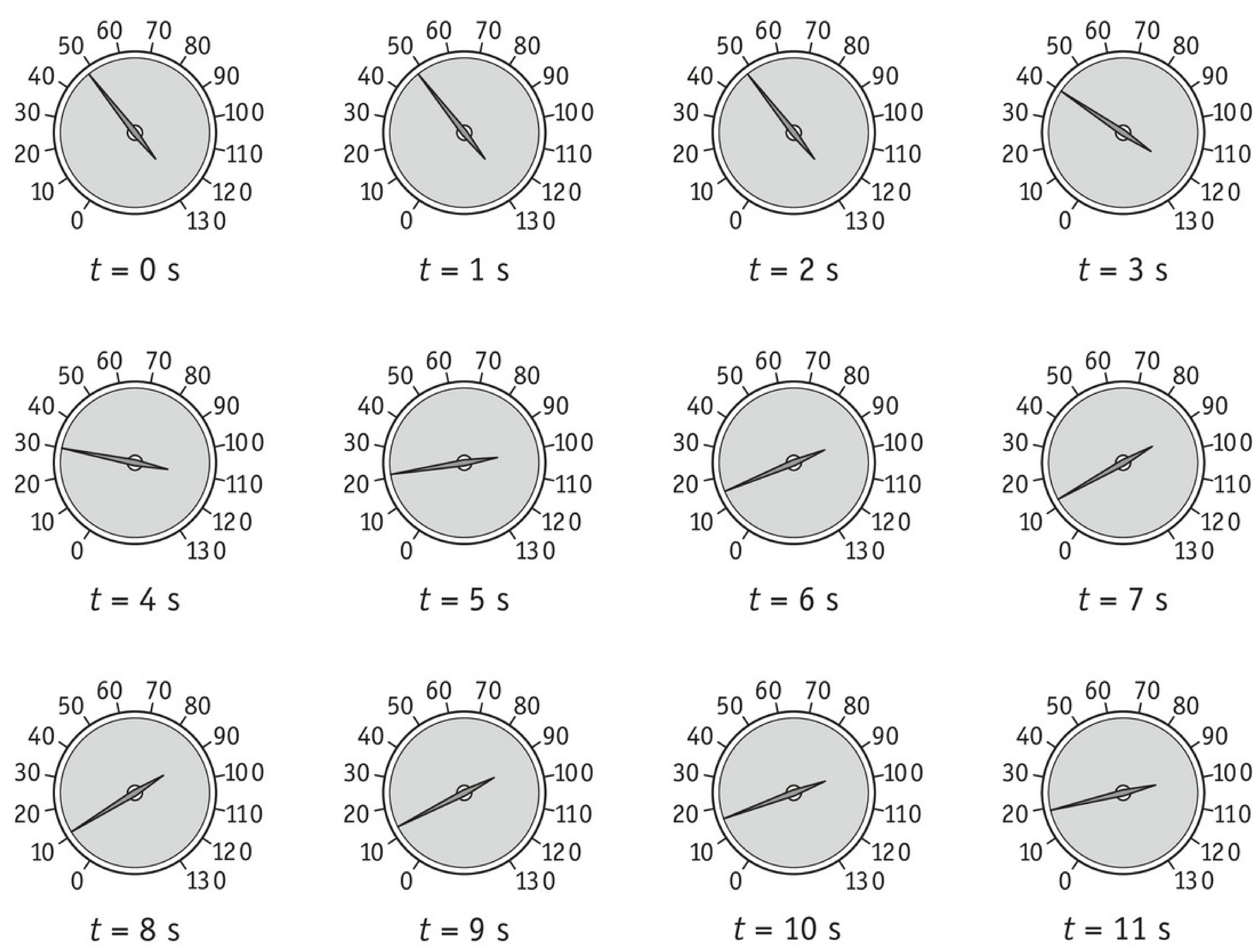
....

....

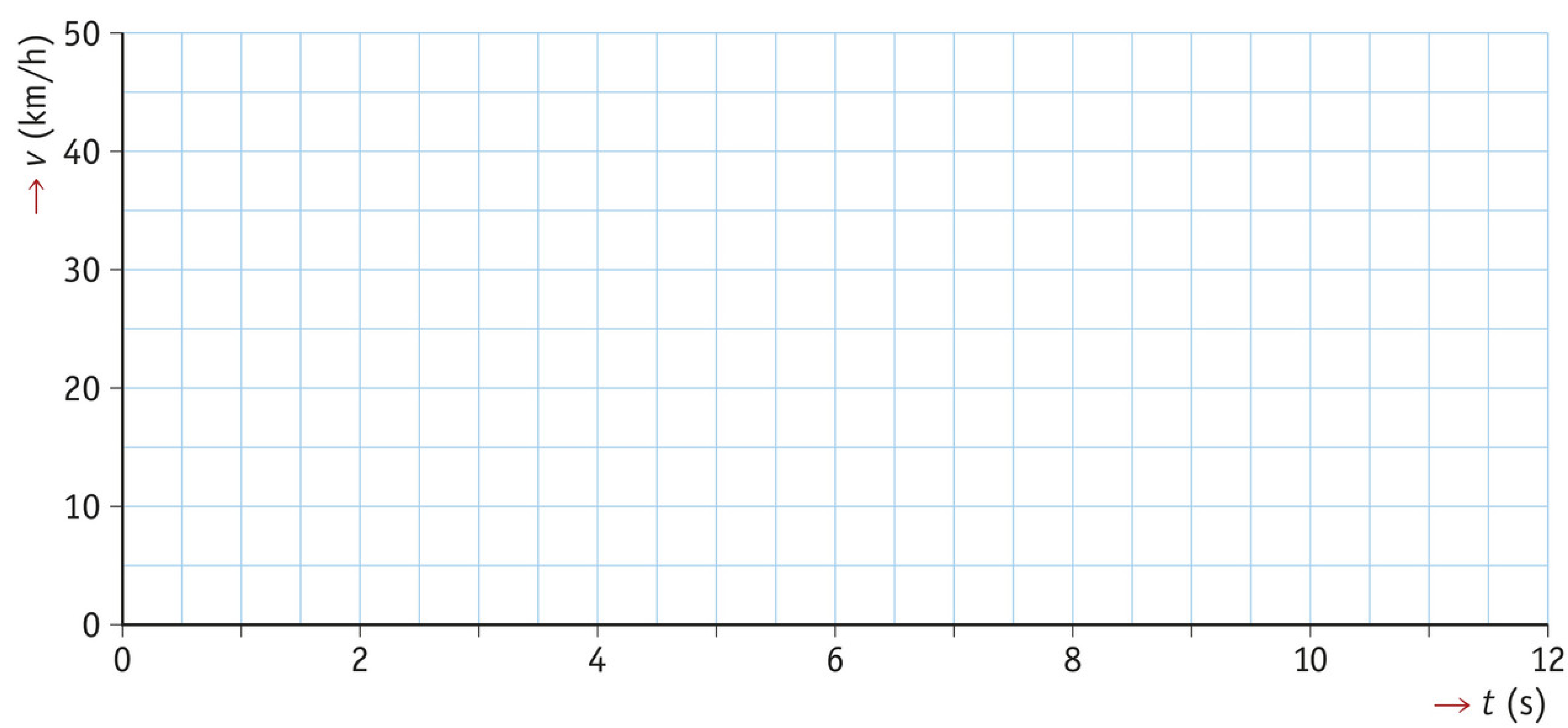
d Hoe beweegt de auto verder na t = 8 s?

....

....



afbeelding 6 Dit geeft Barts snelheidsmeter aan.



afbeelding 7 Het (*v*,*t*)-diagram van Barts beweging.

6 In afbeelding 8 is het (v,t)-diagram getekend van een auto die plotseling moet stoppen voor een overstekende hond.

a Hoelang duurt het voordat de bestuurder reageert?

....

b Bereken de reactie-afstand.

....

....

....

....

....

c Hoelang duurt het remmen?

....

....

d Bereken de remweg.

....

....

....

....

....

....

....

e Bepaal de stopafstand van de auto.

....

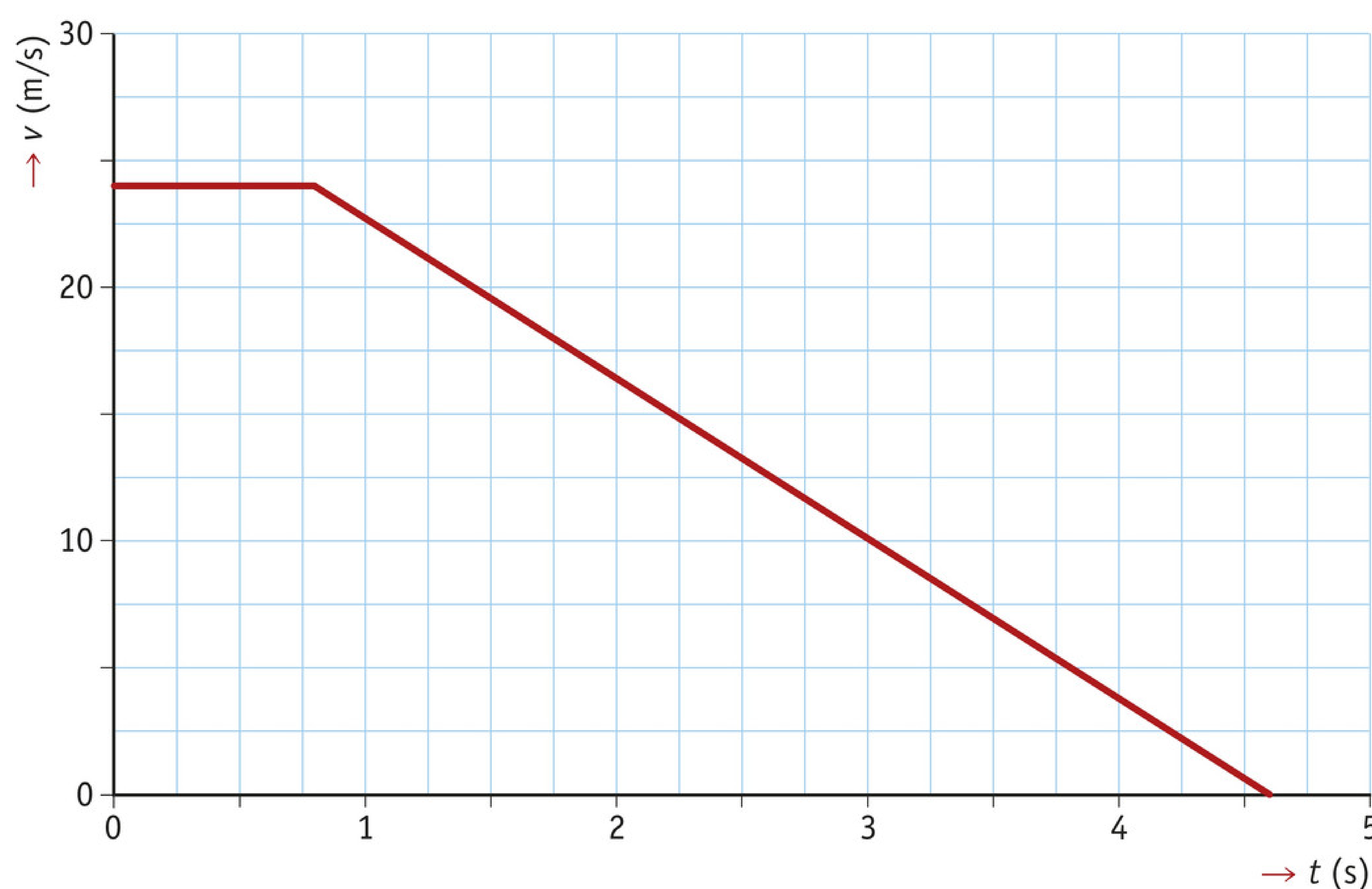
....

....

....

....

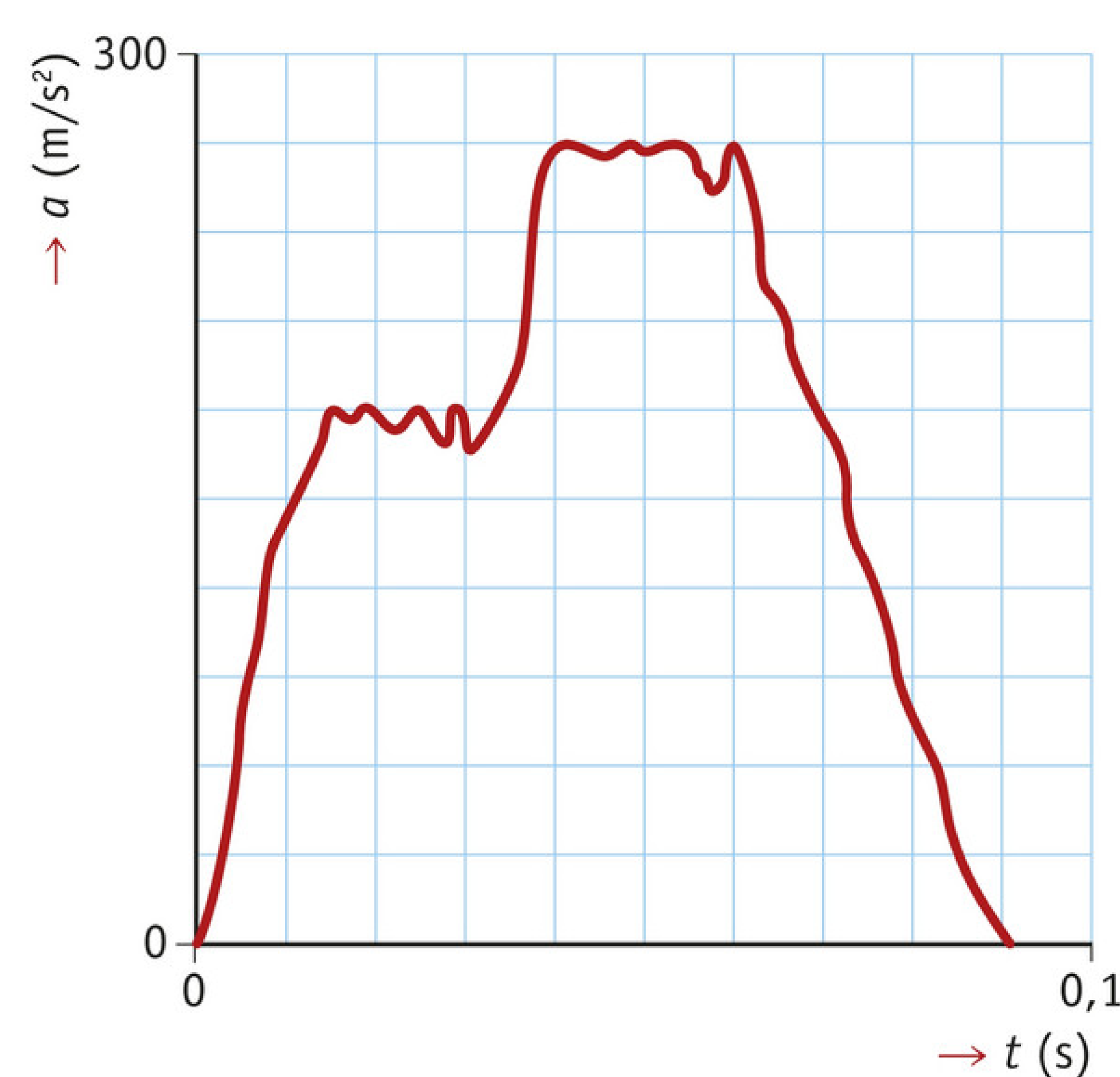
....



afbeelding 8 Het (*v*,*t*)-diagram van een auto die plotseling moet stoppen.

7

Bij een botsproef laten onderzoekers een auto met een pop erin met een snelheid van 50 km/h tegen een muur botsen. Na het botsen staat de auto stil. In het rapport van het onderzoek is de gemeten vertraging van de auto uitgezet als functie van de tijd (afbeelding 9).



afbeelding 9 Een grafiek uit het testrapport.

a Hoelang duurt het tot de auto stilstaat?
- ○ A 0,015 s
- ○ B 0,04 s
- ○ C 0,09 s
- ○ D 0,15 s
- ○ E 0,4 s
- ○ F 0,9 s

b Hoe groot is de maximale vertraging die de auto heeft ondervonden?
- ○ A $1{,}8 \cdot 10^2$ m/s²
- ○ B $2{,}7 \cdot 10^2$ m/s²
- ○ C $2{,}9 \cdot 10^2$ m/s²
- ○ D $3{,}0 \cdot 10^2$ m/s²

c Is de beweging tijdens de botsing eenparig vertraagd? Waaraan zie je dat?

....

....

....

....

....

8  Janine doet aan sportklimmen. Ze oefent het vallen vanaf een klimwand. Met een klimgordel klimt ze tot boven de veiligheidszekering. Daarna laat ze zich vallen. Op de grond staat Abdi die het touw vasthoudt (afbeelding 10).
Van t = 0,0 s tot t = 0,90 s maakt Janine een vrije val. Op t = 0,90 s wordt ze afgeremd door de veiligheidszekering en Abdi. Je ziet de gegevens van de val. Verwaarloos in deze opdracht de uitrekking van het touw.

	start vrije val			einde vrije val		
***t* (s)**	0,0	0,30	0,60	0,90	1,05	1,20
***v* (m/s)**	0,0	3,0	6,0	9,0	4,5	0,0

a Bereken de afstand die Janine tijdens haar vrije val aflegt.

....

....

....

....

....

....

....

b Zet in het diagram van afbeelding 11 alle gegevens uit en teken de grafiek.

c In afbeelding 12 zie je drie (s,t)-diagrammen.
Welk (s,t)-diagram hoort bij de totale beweging van Janine?
- ○ A diagram 1
- ○ B diagram 2
- ○ C diagram 3

d Van t = 0,90 s tot t = 1,20 s remt Janine af tot stilstand.
Bereken de vertraging.

....

....

....

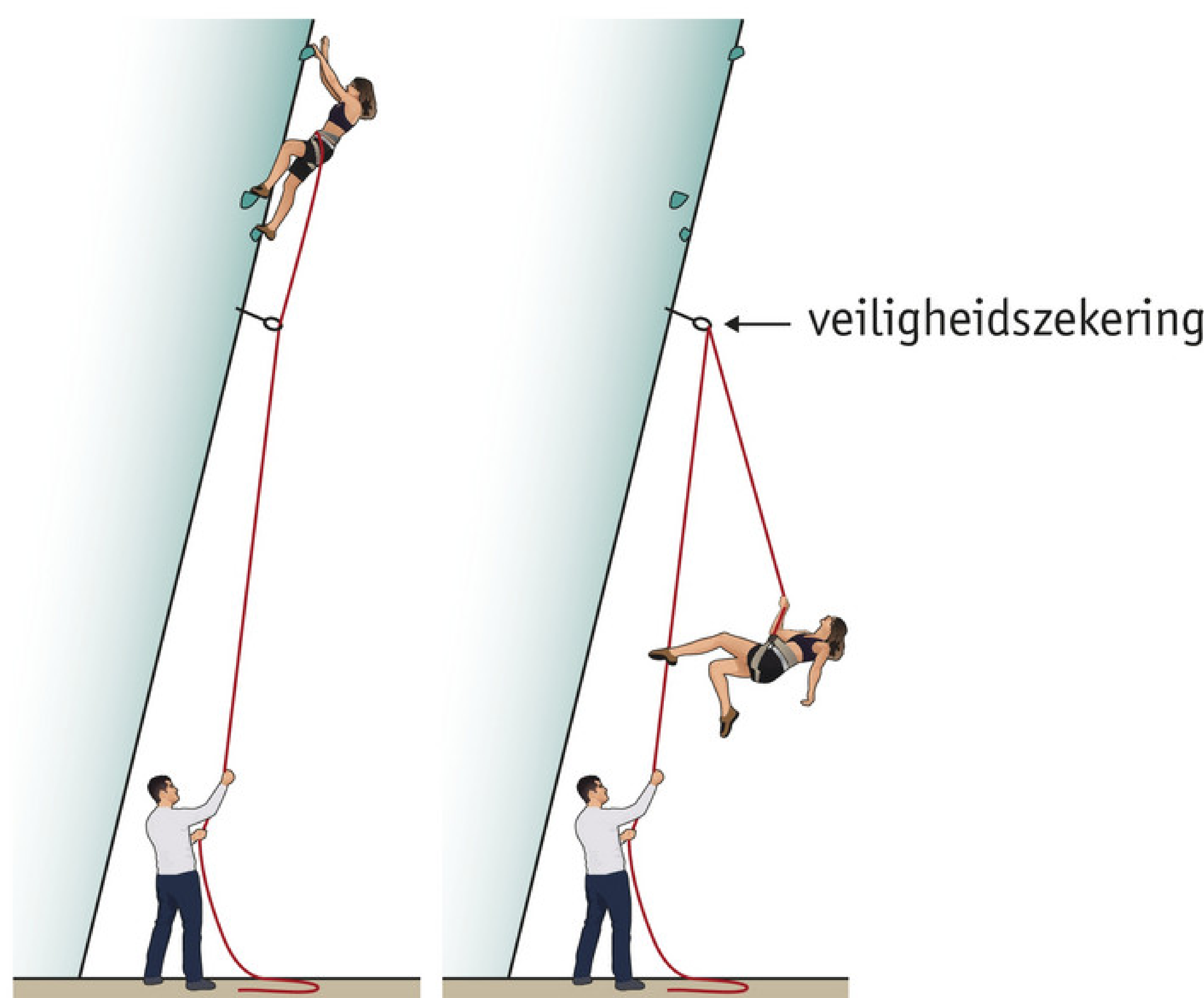
....

....

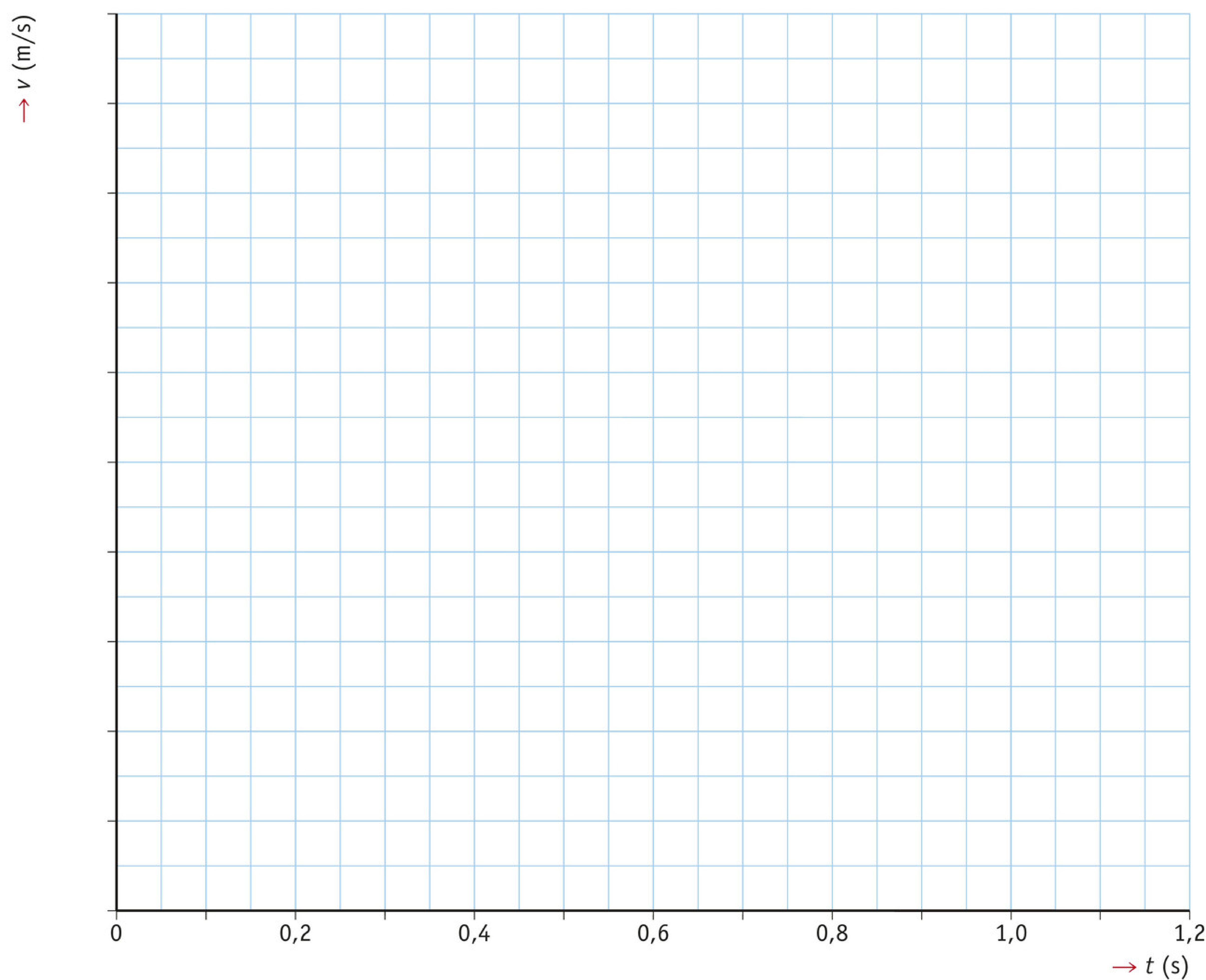
....

....

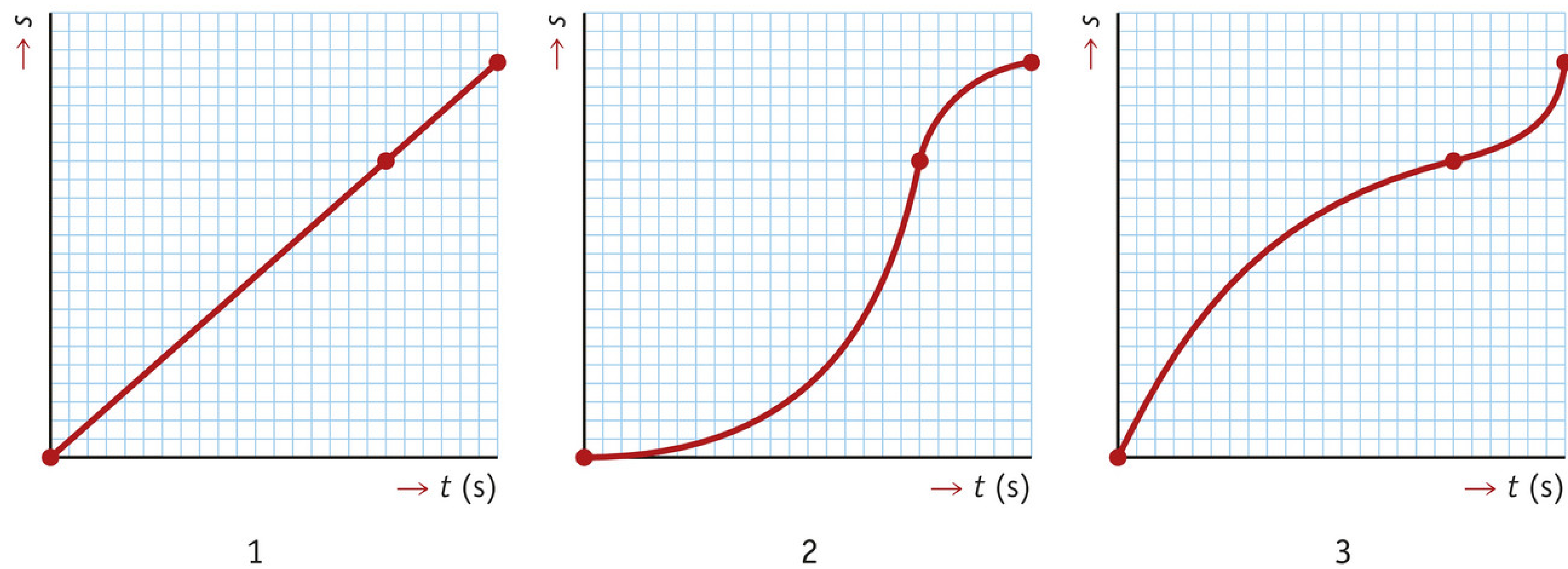
naar: examen 2019-II



afbeelding 10 Vallen vanaf een klimwand.



afbeelding 11 Het (*v*,*t*)-diagram van de val van Janine.



afbeelding 12 Welk (*s*,*t*)-diagram hoort bij de beweging van Janine?

9 Annelies rijdt met een snelheid van 54 km/h over een drukke weg, als ze plotseling een noodstop moet maken. Als ze het rempedaal indrukt, remt haar auto af met een vertraging van 5 m/s^2.

a Bereken hoelang Annelies moet remmen voor de auto stilstaat.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken de afstand die de auto tijdens het remmen aflegt (de remweg).

....

....

....

....

....

....

c De totale stopafstand is groter dan de afstand die je bij opdracht b hebt uitgerekend. Hoe komt dat?

....

....

....

....

....



Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 VERSNELD – EENPARIG – VERTRAAGD

45 minuten

Inleiding
Een tijdtikker is een apparaatje dat met een frequentie van 50 Hz stippen zet op een strook papier (de tikkerband). Je maakt de tikkerband vast aan een voorwerp waarvan je de beweging wilt vastleggen. Tijdens de beweging laat je de tijdtikker stippen op de band zetten. Na afloop kun je aan de hand van die stippen nagaan hoe het voorwerp heeft bewogen.

Doel
Je maakt met een tijdtikker een (*s*,*t*)-diagram van een versnelde, een eenparige en een vertraagde beweging.

Nodig
- ☐ tijdtikker
- ☐ voedingskastje
- ☐ 3 snoeren
- ☐ drukschakelaar
- ☐ 3 stroken tikkerband van 60 cm
- ☐ liniaal

Uitvoeren
Je doet deze proef met z'n tweeën.
- Sluit de tijdtikker via de schakelaar aan op het voedingskastje. Je leraar vertelt je op hoeveel volt wisselspanning je het apparaat moet laten werken.
- Leg een strook tikkerband van 60 cm in de tijdtikker.

Meting 1
- Je legt eerst een versnelde beweging vast.
- Leerling 1 trekt de strook met een steeds grotere snelheid door de tijdtikker.
- Leerling 2 schakelt op het juiste moment de tijdtikker in.
  Let op: je moet de hele beweging op de strook vastleggen.

1 Noteer op de strook dat het om 'beweging 1' gaat. Zet een B (van begin) bij de eerste stip op de strook. Zet een E (van eind) bij de laatste stip van de strook.

Meting 2
- Leg de tweede strook tikkerband in de tijdtikker.
- Je legt nu een eenparige beweging vast.
- Leerling 1 trekt de strook met een constante snelheid door de tijdtikker.
- Leerling 2 schakelt op het juiste moment de tijdtikker in.

2 Noteer op de strook dat het om 'beweging 2' gaat. Zet een B bij de eerste stip op de strook. Zet een E bij de laatste stip van de strook.

Meting 3
- Leg de derde strook tikkerband in de tijdtikker.
- Je legt tot slot een vertraagde beweging vast.
- Leerling 1 laat de strook eerst snel bewegen en daarna steeds langzamer tot hij stilstaat. Oefen dit een paar keer zonder de tijdtikker aan te zetten, voordat je de proef echt doet.
- Leerling 2 schakelt op het juiste moment de tijdtikker in.

3 Noteer op de strook dat het om ‘beweging 3’ gaat. Zet een B bij de eerste stip op de strook. Zet een E bij de laatste stip op de strook.

Uitwerken

Bij het uitwerken gebruik je de eerste 30 cm van strook 1 en 2, en de laatste 30 cm van strook 3.

4 Noteer de meetgegevens:
- **a** van de eerste 30 cm van beweging 1 in tabel 1.
- **b** van de eerste 30 cm van beweging 2 in tabel 2.
- **c** van de laatste 30 cm van beweging 3 in tabel 3.

tabel 1 Beweging 1: de versnelde beweging.

tijd (s)	afstand (cm)	tijd (s)	afstand (cm)	tijd (s)	afstand (cm)
0,1		1,1		2,1	
0,2		1,2		2,2	
0,3		1,3		2,3	
0,4		1,4		2,4	
0,5		1,5		2,5	
0,6		1,6		2,6	
0,7		1,7		2,7	
0,8		1,8		2,8	
0,9		1,9		2,9	
1,0		2,0		3,0	

tabel 2 Beweging 2: de eenparige beweging.

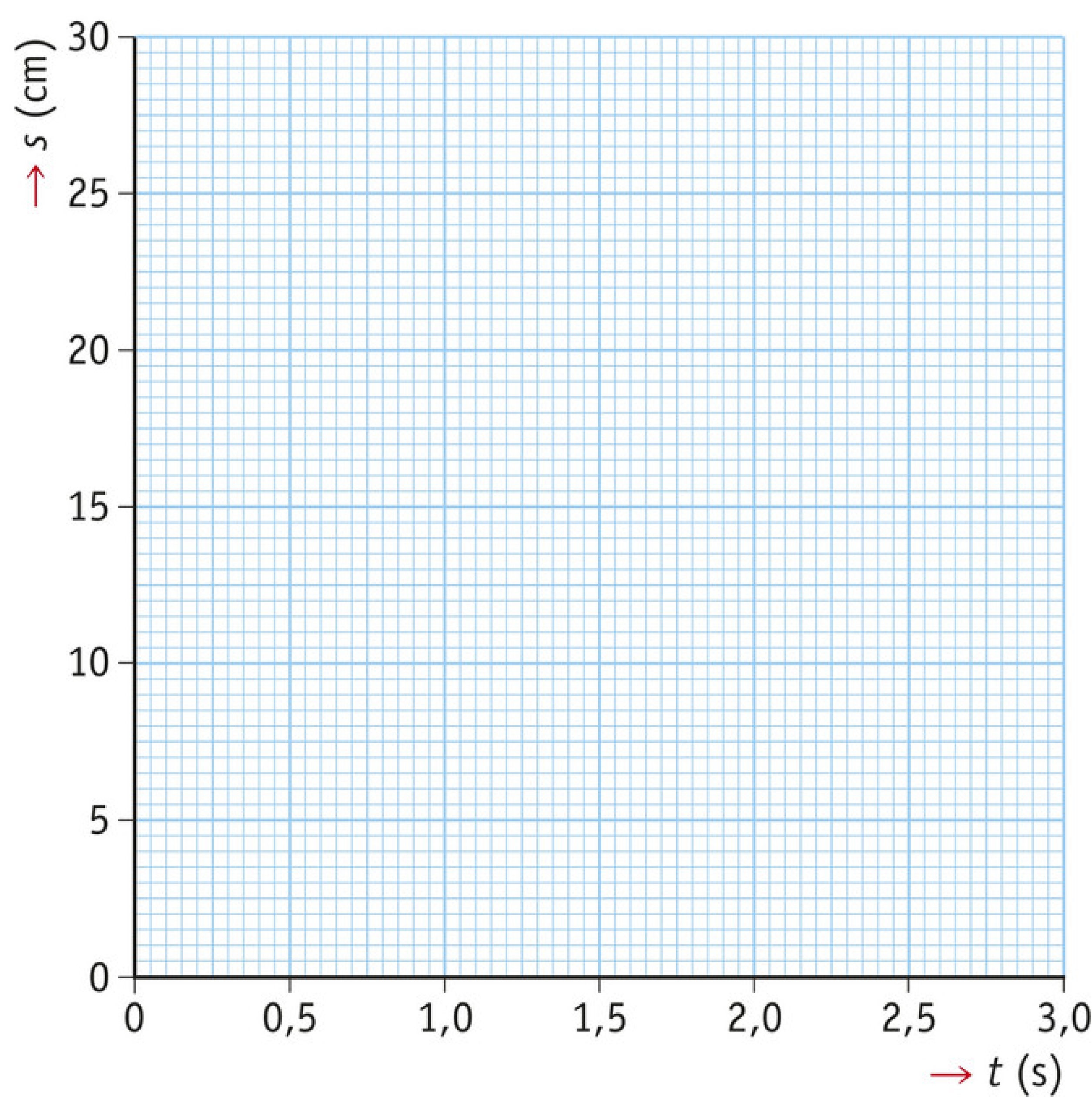
tijd (s)	afstand (cm)	tijd (s)	afstand (cm)	tijd (s)	afstand (cm)
0,1		1,1		2,1	
0,2		1,2		2,2	
0,3		1,3		2,3	
0,4		1,4		2,4	
0,5		1,5		2,5	
0,6		1,6		2,6	
0,7		1,7		2,7	
0,8		1,8		2,8	
0,9		1,9		2,9	
1,0		2,0		3,0	

tabel 3 Beweging 3: de vertraagde beweging.

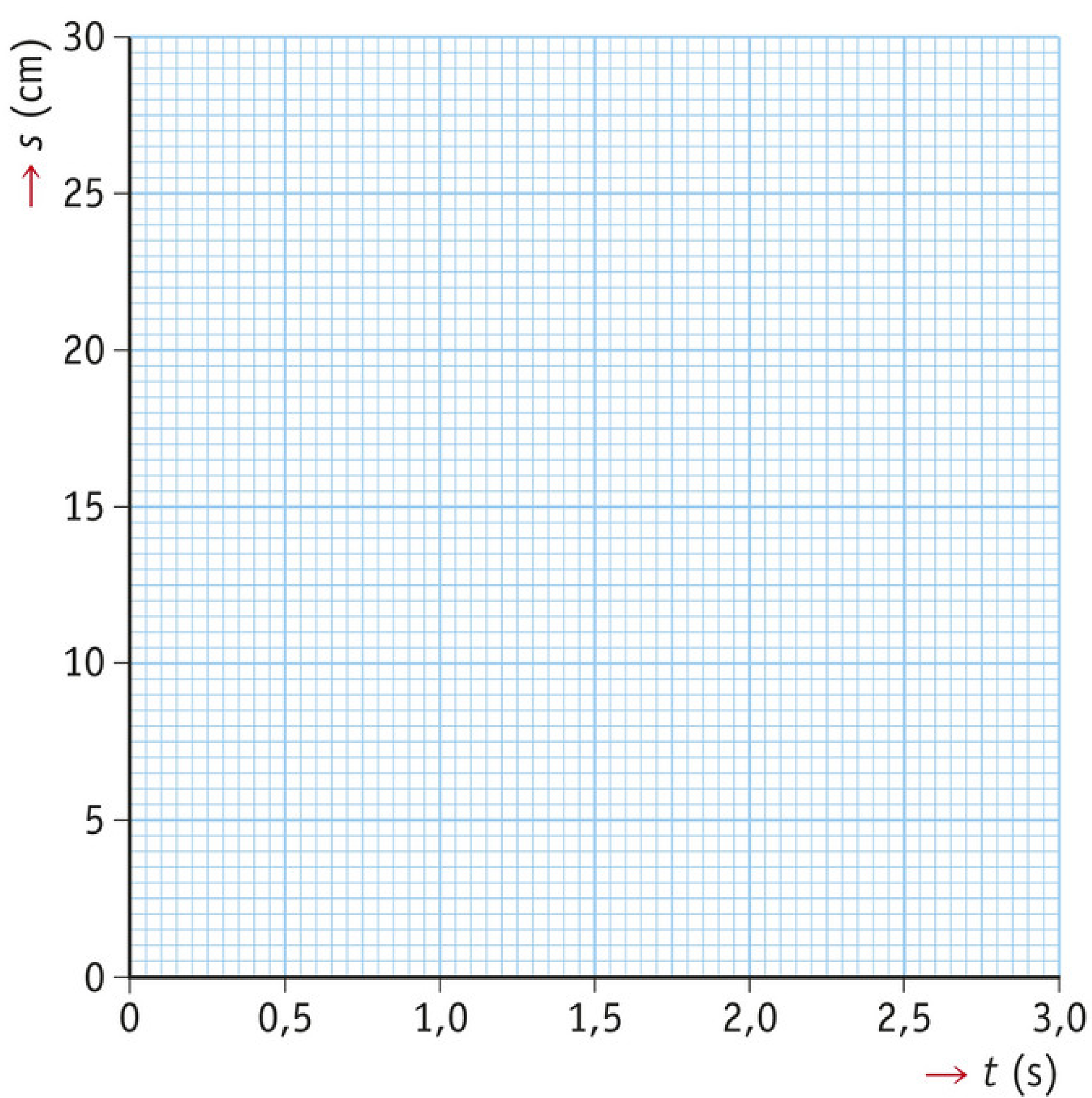
tijd (s)	afstand (cm)	tijd (s)	afstand (cm)	tijd (s)	afstand (cm)
0,1		1,1		2,1	
0,2		1,2		2,2	
0,3		1,3		2,3	
0,4		1,4		2,4	
0,5		1,5		2,5	
0,6		1,6		2,6	
0,7		1,7		2,7	
0,8		1,8		2,8	
0,9		1,9		2,9	
1,0		2,0		3,0	

5 Teken een (*s*,*t*)-diagram:

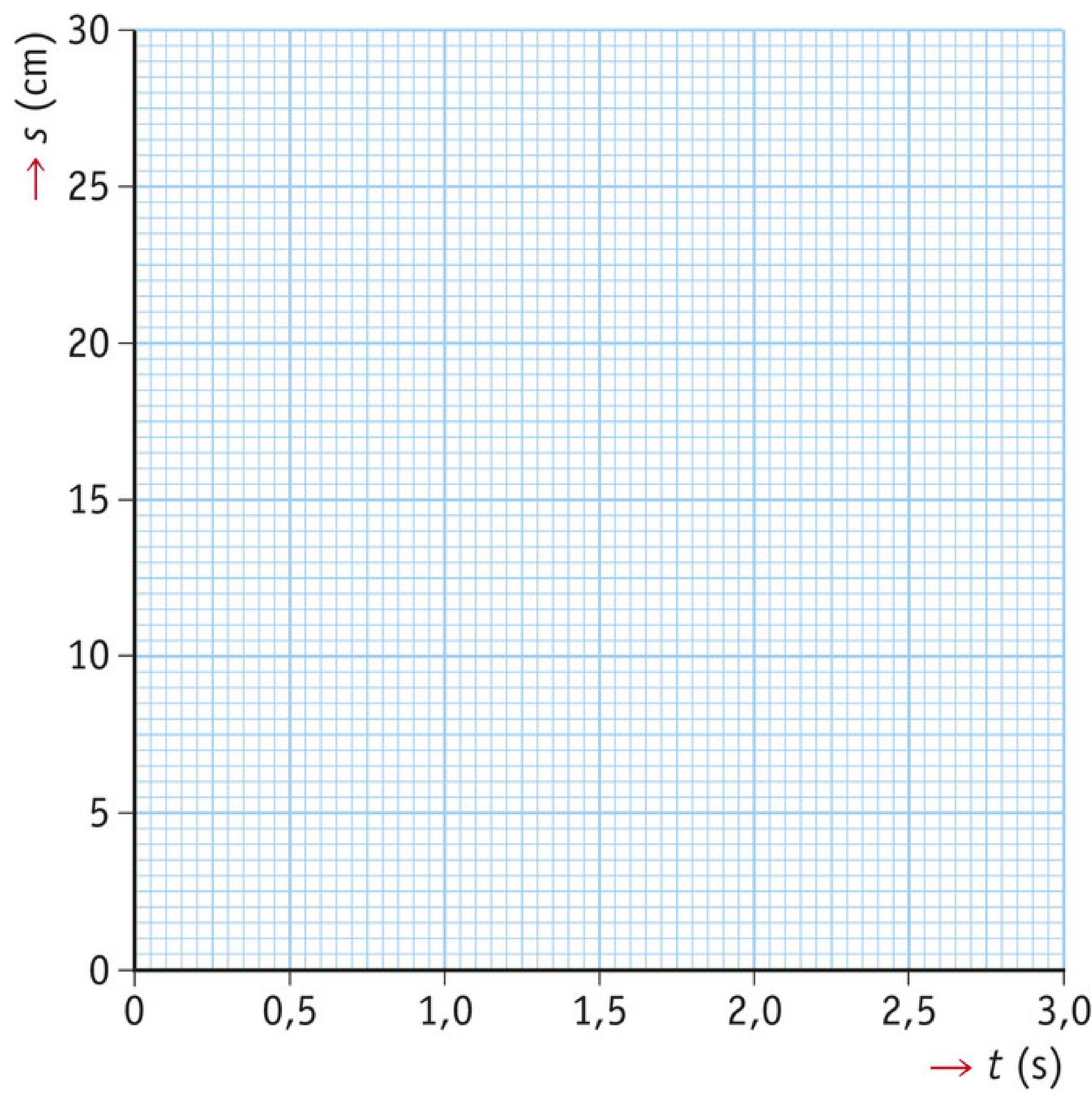
a van de eerste 30 cm van beweging 1 in afbeelding 1.
b van de eerste 30 cm van beweging 2 in afbeelding 2.
c van de laatste 30 cm van beweging 3 in afbeelding 3.



afbeelding 1 Het (*s*,*t*)-diagram van beweging 1.



afbeelding 2 Het (*s*,*t*)-diagram van beweging 2.



afbeelding 3 Het (*s*,*t*)-diagram van beweging 3.

6 Hoe ziet de grafiek eruit:

a van de versnelde beweging?

....

....

....

b van de eenparige beweging?

....

....

....

c van de vertraagde beweging?

....

....

....

PROEF 2 DE VERSNELLING BEPALEN

45 minuten

Inleiding

Het wagentje van een luchtkussenbaan zweeft vlak boven de baan op een dun laagje lucht. Daardoor is er (bijna) geen wrijvingskracht. Als je de baan een beetje schuin zet, beweegt het wagentje met een constante versnelling naar beneden.

Doel

Bij deze proef bepaal je de versnelling van het wagentje op een luchtkussenbaan.

Nodig

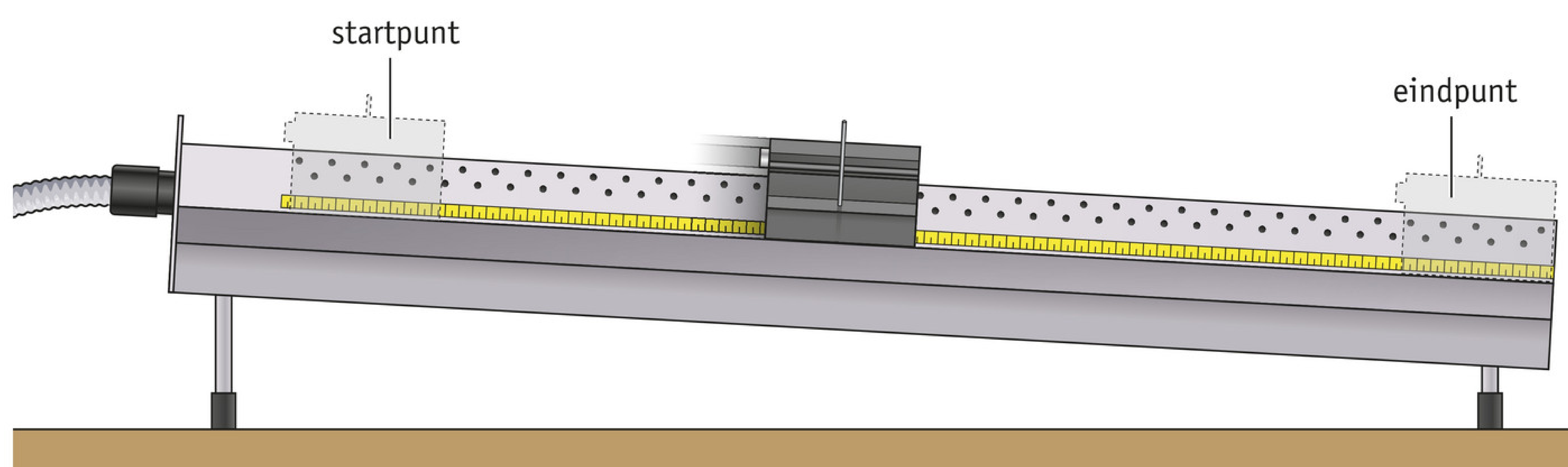
☐ luchtkussenbaan
☐ wagentje
☐ stopwatch
☐ meetlat

Uitvoeren

- Bouw de opstelling van afbeelding 4. Markeer het startpunt en het eindpunt van de beweging.
- Meet de afstand tussen het startpunt en het eindpunt.

1 De afstand is: ....

- Zet het wagentje in de startpositie bij het beginpunt.
- Laat het karretje los en start tegelijkertijd de tijdmeting.
- Stop de tijdmeting als het karretje voorbij de eindmarkering glijdt.
- Voer deze meting vier keer achter elkaar uit.



afbeelding 4 De opstelling van proef 2.

2 Noteer de gemeten tijd:

- bij meting 1: ....
- bij meting 2: ....
- bij meting 3: ....
- bij meting 4: ....

3 Reken uit en vul in.

De tijd is gemiddeld: ....

Uitwerken

4 Gebruik je metingen om de gemiddelde snelheid van het wagentje te bepalen.

$v_{gem} = \frac{s}{t} =$ .... m/s

5 Vul in.
De eindsnelheid v_e

= .... × de gemiddelde snelheid

= .... × ....

= .... m/s

6 Bereken nu de versnelling van het wagentje.

$\Delta v =$ ....

$a = \frac{\Delta v}{t} =$ .... m/s²

- Je leraar vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

De volgende proef staat in de online leeromgeving. Je leraar beslist of de proef wordt uitgevoerd.

PROEF 3 ONDERZOEK: DE SNELHEID METEN

45 minuten

Doel

Je onderzoekt hoe groot de snelheid van een beweging is. Je moet daarvoor twee andere grootheden meten: de afstand en de tijd.

Leerstofoverzicht

15.1 BEWEGINGEN ONDERZOEKEN

ONTHOUD

- Je kunt een beweging vastleggen op een stroboscopische foto of in een video-opname. Een stroboscopische foto maak je met een lamp die met regelmatige tussenpozen een korte lichtflits geeft. Bij elke lichtflits wordt één momentopname van de beweging vastgelegd.
- Met zo'n serie opnames kun je het verband bepalen tussen tijd en afstand. Van elke opname noteer je dan de tijd (vanaf het begintijdstip) en de afstand (vanaf het startpunt). De uitkomsten noteer je in een tabel: links de tijd *t*, rechts de bijbehorende afstand *s*.
- Met de gegevens in deze tabel kun je het (*s*,*t*)-diagram van de beweging tekenen. Dat is een grafiek waarin de afstand is uitgezet tegen de tijd.
- Je kunt de gemiddelde snelheid van een beweging berekenen door de afstand te delen door de tijd. In formulevorm: $v_{gem} = \frac{s}{t}$
- Om een snelheid in m/s om te rekenen naar km/h, vermenigvuldig je met 3,6. Om een snelheid in km/h om te rekenen naar m/s, deel je door 3,6.

BEGRIPPEN

gemiddelde snelheid
Berekende constante snelheid waarmee je dezelfde afstand in dezelfde tijd zou hebben afgelegd.

(*s*,*t*)-diagram
Grafiek van een beweging waarin de afstand is uitgezet tegen de tijd.

15.2 SNELHEID EN VERSNELLING

ONTHOUD

- Je kunt verschillende diagrammen van dezelfde beweging maken. Een (v,t)-diagram geeft weer hoe groot de snelheid v is na t seconden. Een (s,t)-diagram geeft weer hoe groot de afstand is na t seconden.
- Als een voorwerp met constante snelheid beweegt, noem je dat een eenparige beweging. In afbeelding 1a zie je het (v,t)-diagram en het (s,t)-diagram van zo'n beweging.
- Bij een eenparige beweging verandert de snelheid niet. Als je de gemiddelde snelheid kent, weet je meteen hoe groot de snelheid was op elk moment van de beweging: $v = v_{gem}$
- Bij een eenparig versnelde beweging is de snelheidstoename per seconde steeds even groot. De snelheidstoename per seconde noem je de versnelling a van de beweging. Je meet de versnelling in (meter per seconde) per seconde. Dat schrijf je als m/s^2.
- Je kunt de versnelling berekenen door de totale snelheidstoename te delen door de tijd. In formulevorm: $a = \frac{\Delta v}{t}$, waarbij $\Delta v = v_e - v_b$ (eindsnelheid − beginsnelheid).

BEGRIPPEN

eenparig versnelde beweging
Beweging met een constante versnelling: de snelheidstoename per seconde is steeds even groot.

eenparige beweging
Beweging met een constante snelheid.

versnelde beweging
Beweging waarbij de snelheid steeds groter wordt; een optrekkende auto beweegt versneld.

versnelling
Snelheidstoename per seconde.

(v,t)-diagram
Grafiek van een beweging waarin de snelheid op elk moment is uitgezet tegen de tijd.

15.3 EENPARIG VERSNELD

ONTHOUD

- Bij een eenparig versnelde beweging neemt de snelheid gelijkmatig toe. Je kunt de snelheid na *t* seconden berekenen met de formule: $v_e = v_b + a \cdot t$
- Je kunt het wagentje van een luchtkussenbaan eenparig versneld laten bewegen. Je moet de baan dan iets schuin zetten, zodat het wagentje langs de hellende baan naar beneden glijdt. Zo kun je het verband bepalen tussen de tijd en de afstand.
- In afbeelding 1b zie je het (*v*,*t*)-diagram en het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig versnelde beweging. Het (*s*,*t*)-diagram is een kromme, met de vorm van een (halve) dalparabool.
- Je kunt de afstand van zo'n beweging in twee stappen berekenen.
  Eerst bereken je de gemiddelde snelheid met: $v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$
  Daarna bereken je de afstand met: $s = v_{gem} \cdot t$
- De valbeweging is een eenparig versnelde beweging als de luchtweerstand te verwaarlozen is. De valversnelling *g* is 9,8 m/s^2, in opdrachten wordt dit afgerond tot 10 m/s^2. Je kunt de snelheid na *t* seconden berekenen met: $v_e = v_b + g \cdot t$

BEGRIPPEN

valversnelling
Versnelling waarmee een voorwerp naar beneden valt als de luchtweerstand te verwaarlozen is. Op aarde is *g* gelijk aan 9,8 m/s^2.

15.4 EENPARIG VERTRAAGD

ONTHOUD

- Bij een eenparig vertraagde beweging is de snelheidsafname per seconde steeds even groot. De snelheidsafname per seconde noem je de vertraging *a* van de beweging. Je meet de vertraging in (meter per seconde) per seconde. Dat schrijf je als m/s^2.
- Je kunt de vertraging berekenen door de totale snelheidsafname te delen door de tijd. In formulevorm: $a = \frac{\Delta v}{t}$, waarbij $\Delta v = v_b - v_e$ (beginsnelheid − eindsnelheid).
- Bij een eenparig vertraagde beweging neemt de snelheid gelijkmatig af. Je kunt de snelheid na *t* seconden berekenen met de formule: $v_e = v_b - a \cdot t$
- In afbeelding 1c zie je het (*v*,*t*)-diagram en het (*s*,*t*)-diagram van een eenparig vertraagde beweging. Het (*s*,*t*)-diagram is een kromme, met de vorm van een (halve) bergparabool.
- Je kunt de afstand van zo'n beweging in twee stappen berekenen.
  Eerst bereken je de gemiddelde snelheid met: $v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$
  Daarna bereken je de afstand met: $s = v_{gem} \cdot t$
- De stopafstand is de totale afstand die een automobilist nodig heeft om tot stilstand te komen. De stopafstand = de reactie-afstand + de remweg. De reactie-afstand wordt afgelegd met constante snelheid; de automobilist is bezig te reageren en heeft de rem nog niet ingetrapt. De remweg wordt afgelegd met afnemende snelheid; de rem is ingetrapt en de auto beweegt nu eenparig vertraagd.

BEGRIPPEN

eenparig vertraagde beweging
Beweging met een constante vertraging: de snelheidsafname per seconde is steeds even groot.

reactie-afstand
Afstand die een auto aflegt tijdens de reactietijd, als de rem nog niet is ingetrapt.

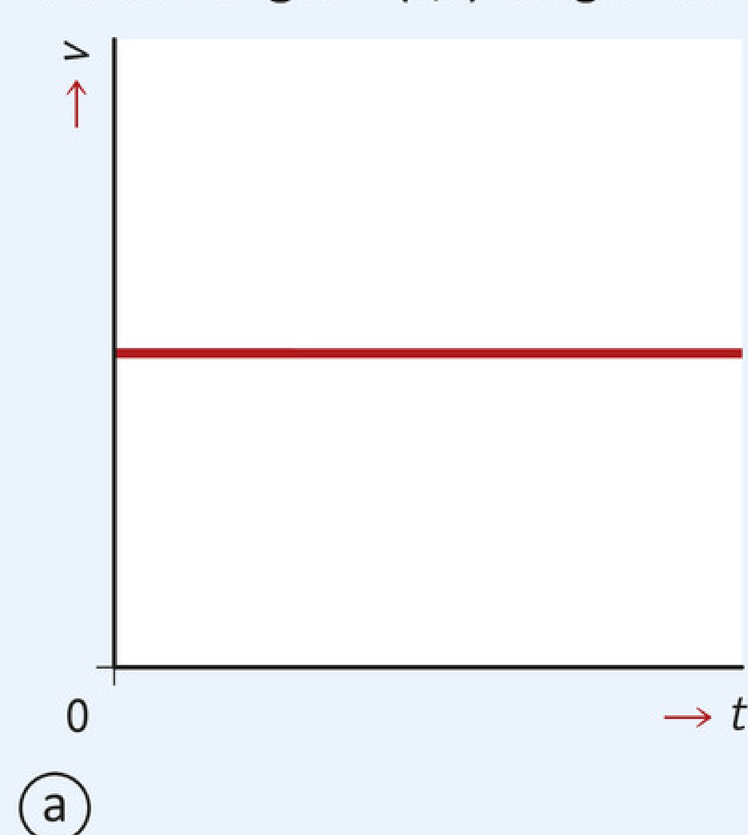
reactietijd
Tijdsduur tussen het zien van een gevaar en het volledig intrappen van de rem.

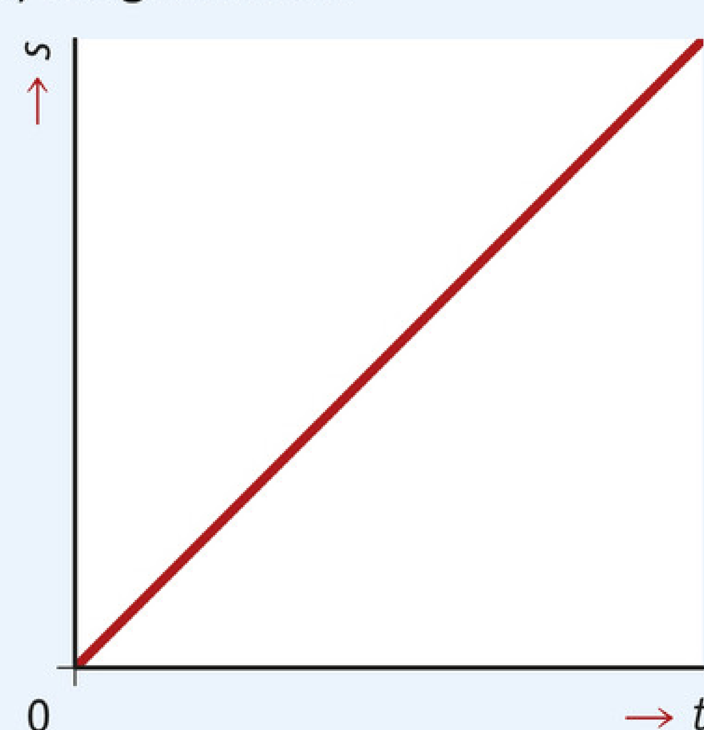
remweg
Afstand die een auto aflegt vanaf het intrappen van de rem totdat hij stilstaat.

vertraging
Snelheidsafname per seconde.


Ga naar de *Flitskaarten*.

afbeelding 1 (v,t)-diagrammen en (s,t)-diagrammen.

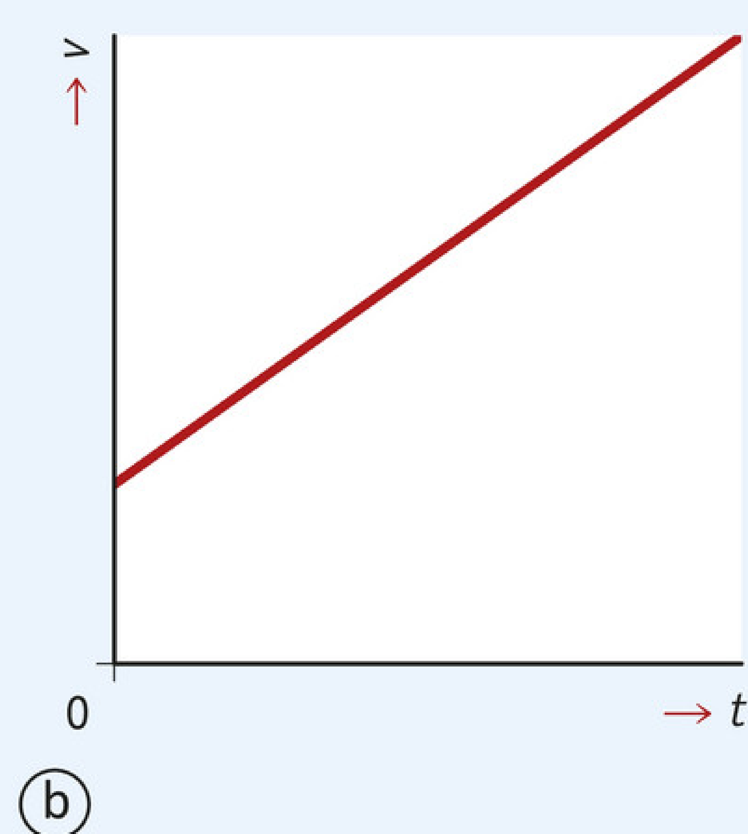


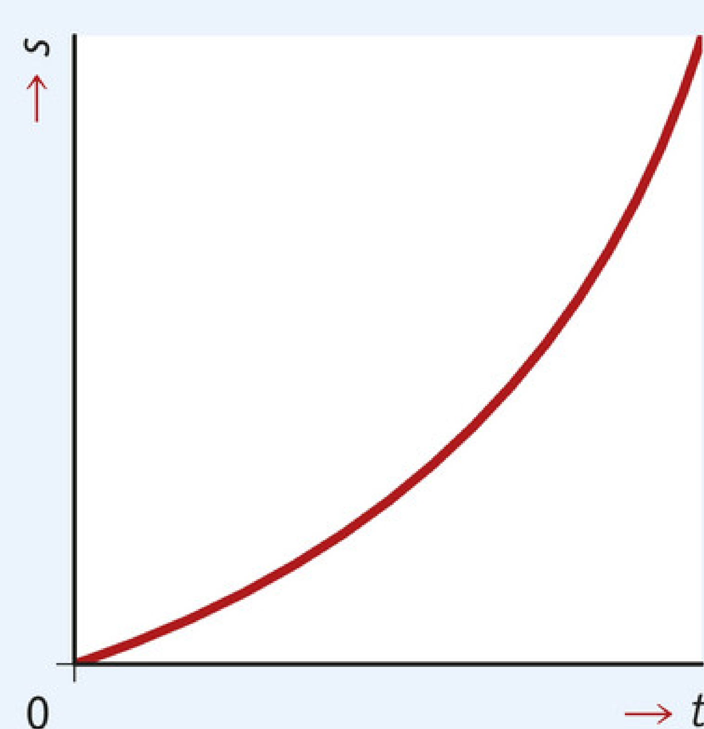


eenparig

$a = 0$ m/s²
v is constant
$s = v \cdot t$

(a)





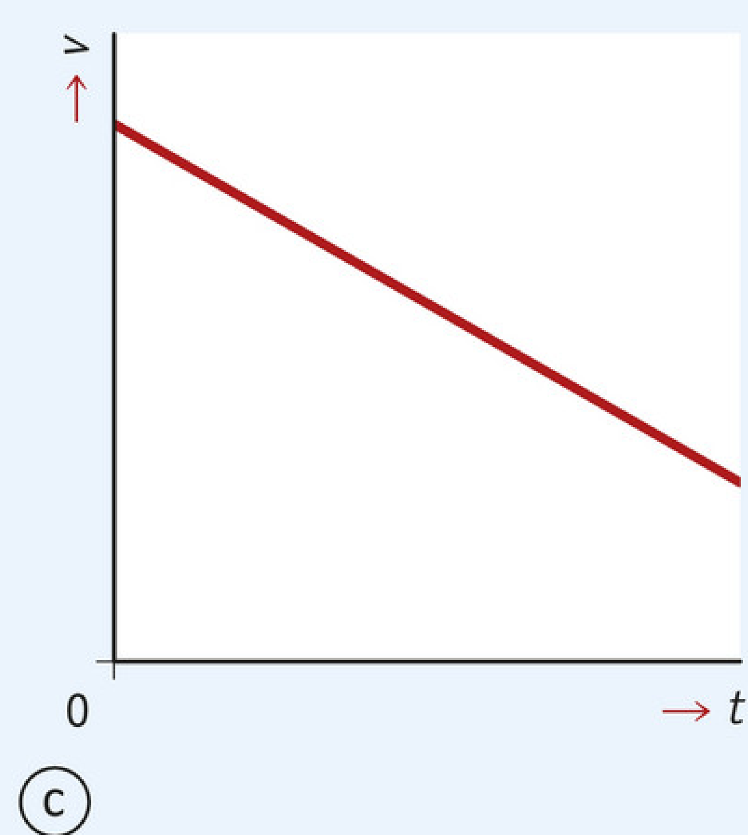
eenparig versneld

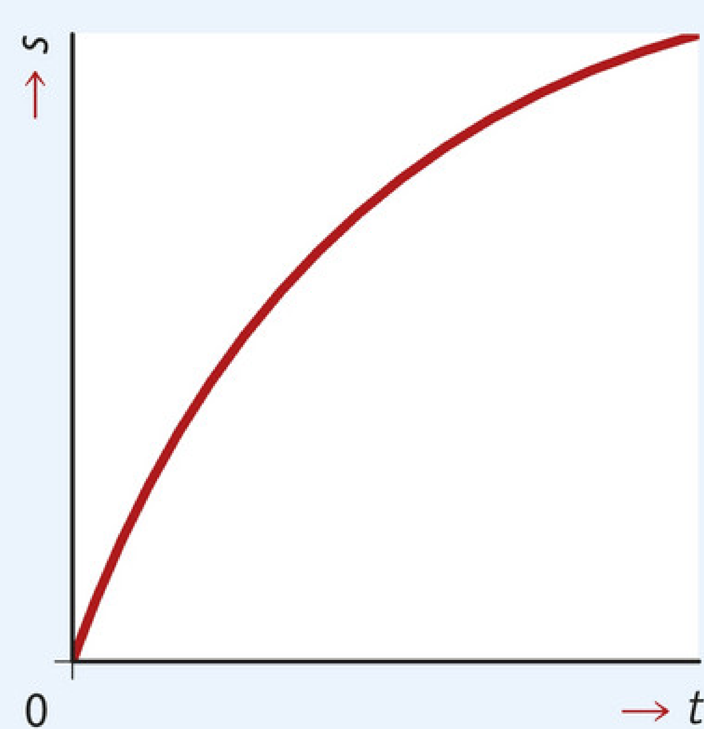
$v_e = v_b + a \cdot t$

$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$

$s = v_{gem} \cdot t$

(b)





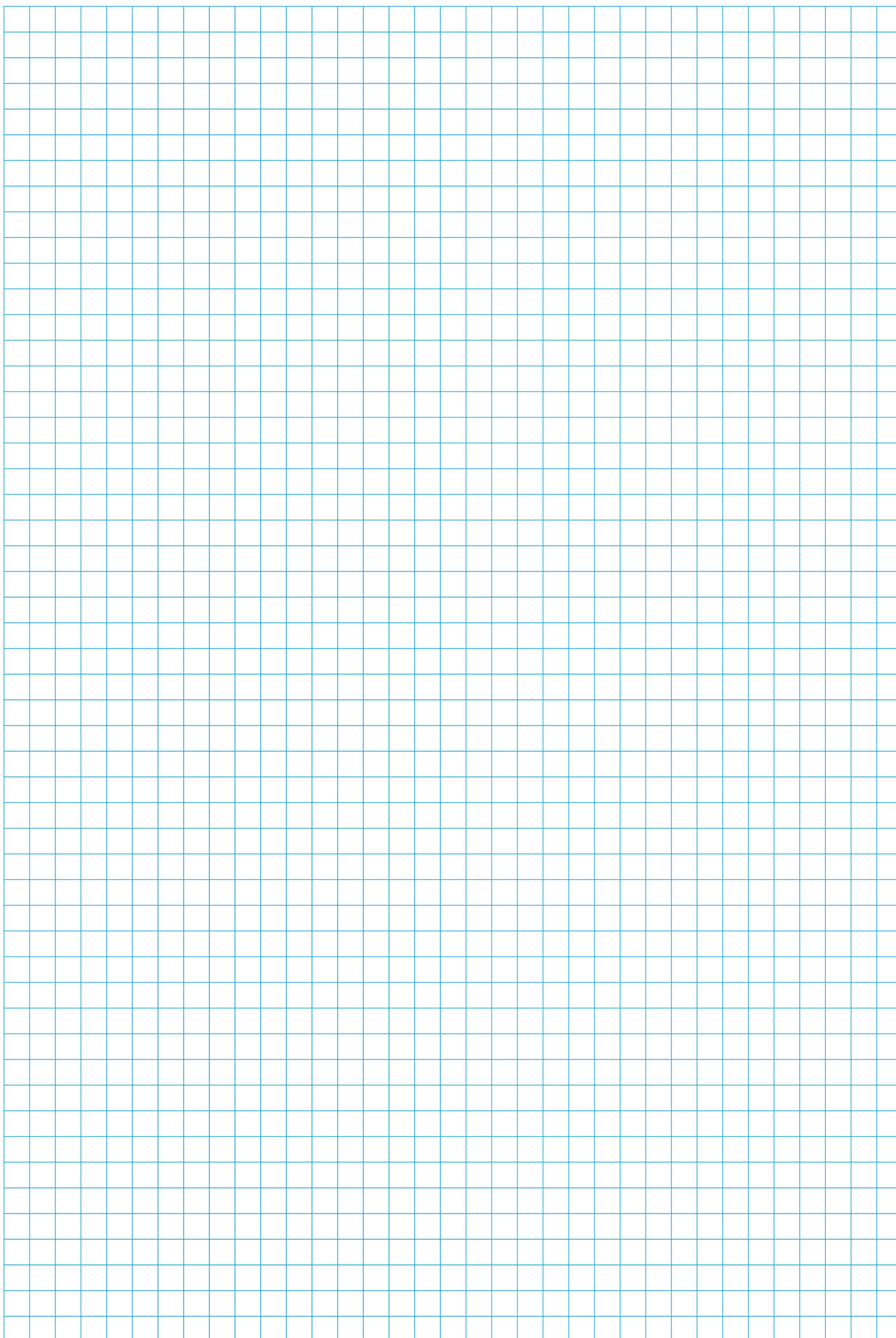
eenparig vertraagd

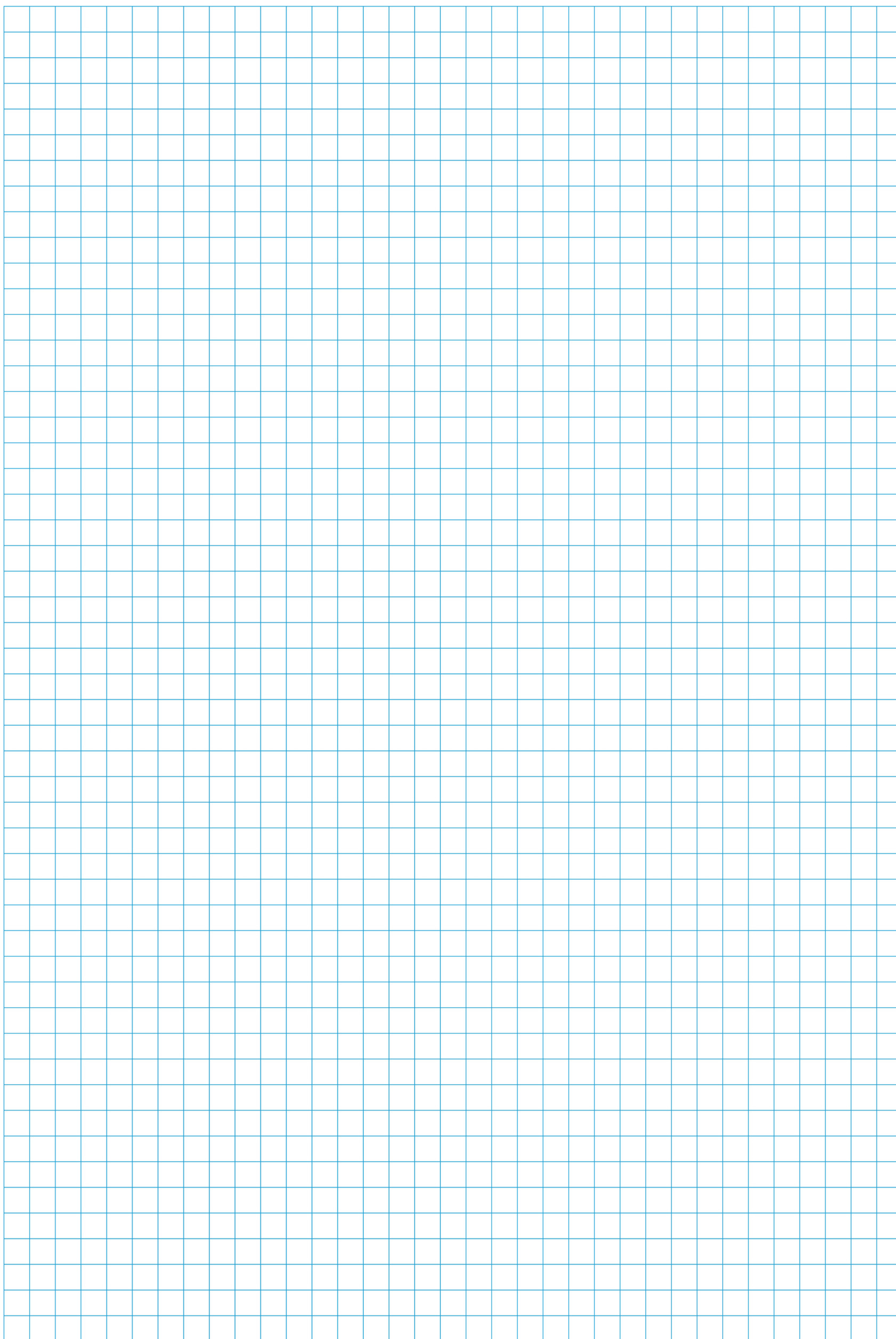
$v_e = v_b - a \cdot t$

$v_{gem} = \frac{v_b + v_e}{2}$

$s = v_{gem} \cdot t$

(c)





16 Kracht en beweging

VEILIG VERKEER

Elke dag moet je op tijd op school zijn. Je weet precies hoe laat je thuis moet vertrekken. Bij stevige tegenwind verandert alles. Je moet dan eerder op weg of harder trappen. Blijf wel goed opletten in het verkeer!

INTRODUCTIE

THEORIE

AFSLUITING





Wat weet je al over kracht en beweging?

LEERDOELEN

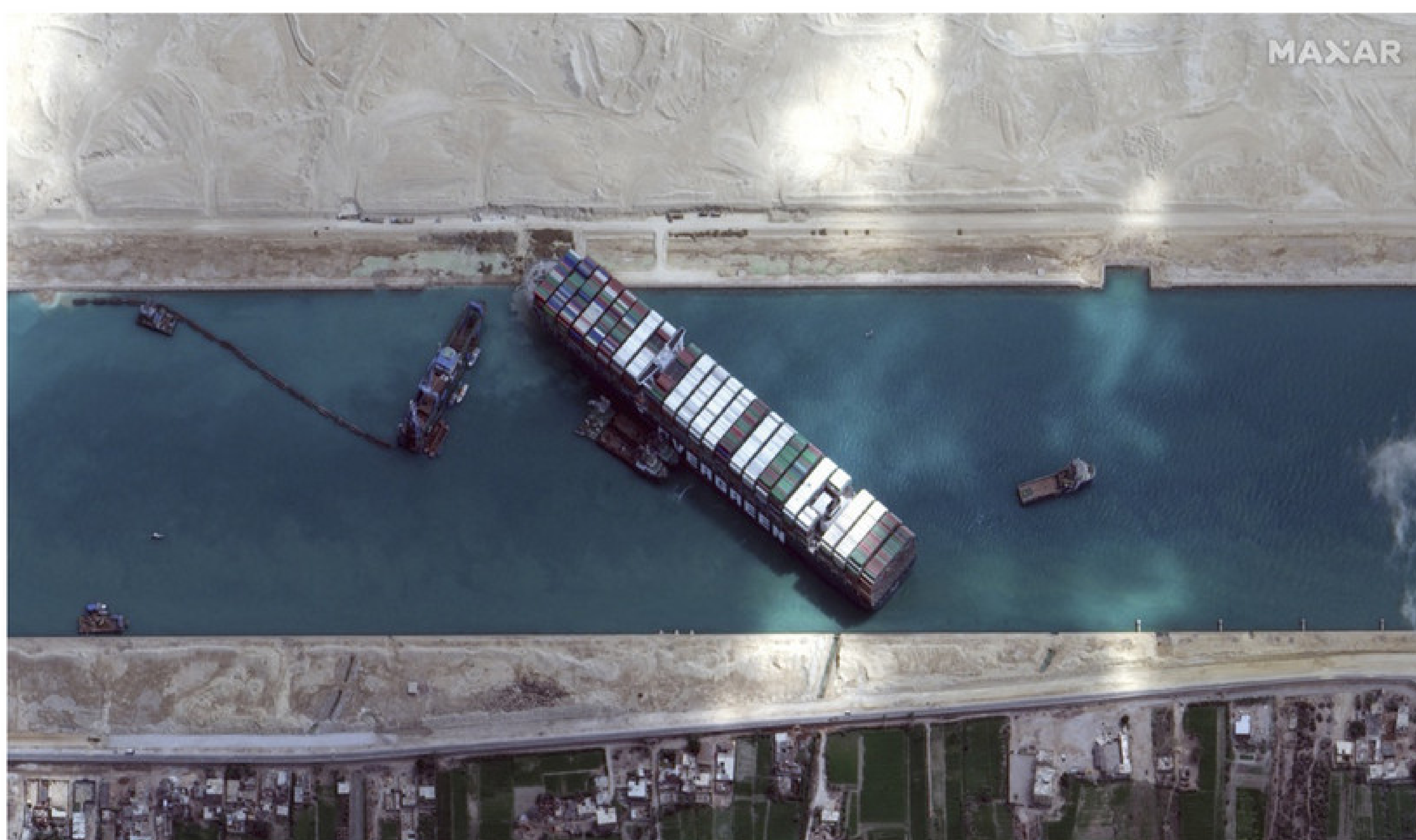
1 Je kunt verschillende soorten krachten herkennen.
2 Je kunt een kracht tekenen als een pijl, met het juiste aangrijpingspunt en de juiste richting.
3 Je kunt de nettokracht berekenen die op een voorwerp werkt (in situaties waarbij alle krachten langs dezelfde lijn werken).
4 Je kunt de versnelling berekenen van een eenparig versnelde beweging.

In deel 3A van Nova nask 1 en in hoofdstuk 10 en 15 heb je al een aantal dingen over krachten en bewegingen geleerd. Je hebt deze kennis weer nodig wanneer je aan dit hoofdstuk begint. Wil je snel controleren wat je nog weet? Maak dan de volgende opdrachten.

OPDRACHTEN VOORKENNIS

1 In maart 2021 liep een 400 m lang containerschip vast in het Suezkanaal (afbeelding 1). Het schip kon niet met eigen motorkracht loskomen van de oever. Daarvoor waren enkele grote sleepboten nodig.
Welke kracht zorgde ervoor dat het schip niet met zijn eigen motorkracht los kon komen?

○ A spankracht
○ B veerkracht
○ C wrijvingskracht
○ D zwaartekracht



afbeelding 1 Een 400 m lang schip blokkeert het Suezkanaal.

2  In afbeelding 2 is een kracht getekend. De krachtenschaal is 1 cm ≙ 25 N.
Hoe groot is de kracht in afbeelding 2?

....

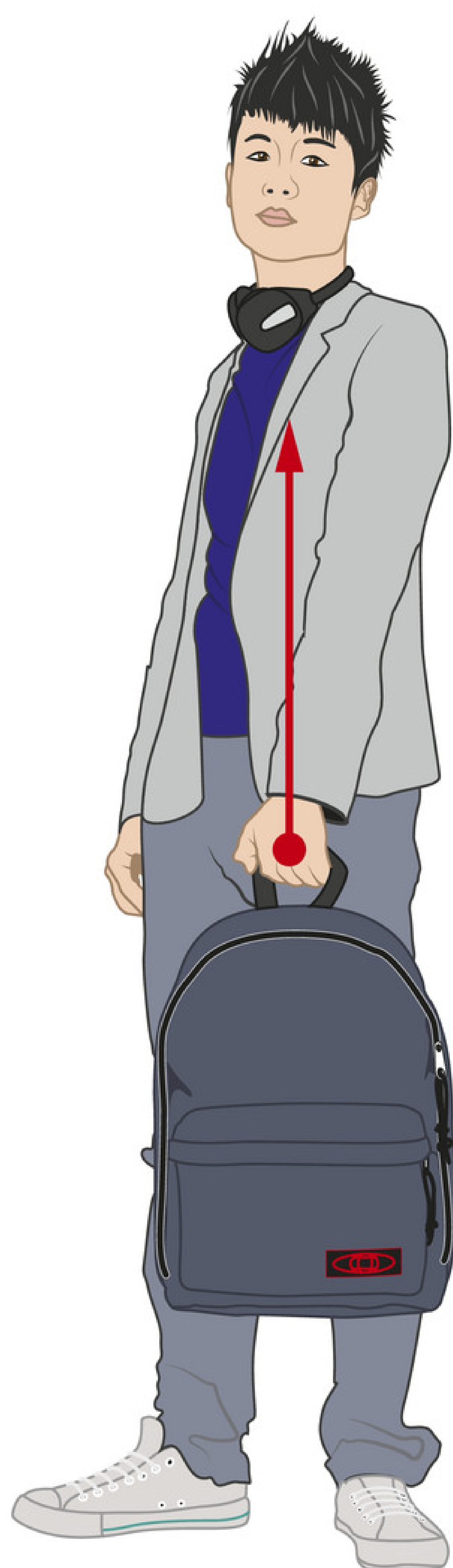
....

....

....

....

....



afbeelding 2 Een kracht werkt op een hand.

3

Je moet een kracht tekenen van 130 N. De krachtenschaal is 1 ≙ 50 N.
Hoe lang moet je de pijl tekenen?

....

....

....

....

....

4

In afbeelding 3 zie je twee krachten die op een doos werken. F_1 is 39 N en F_2 is 65 N.
Bereken de nettokracht op de doos.

....

....

....

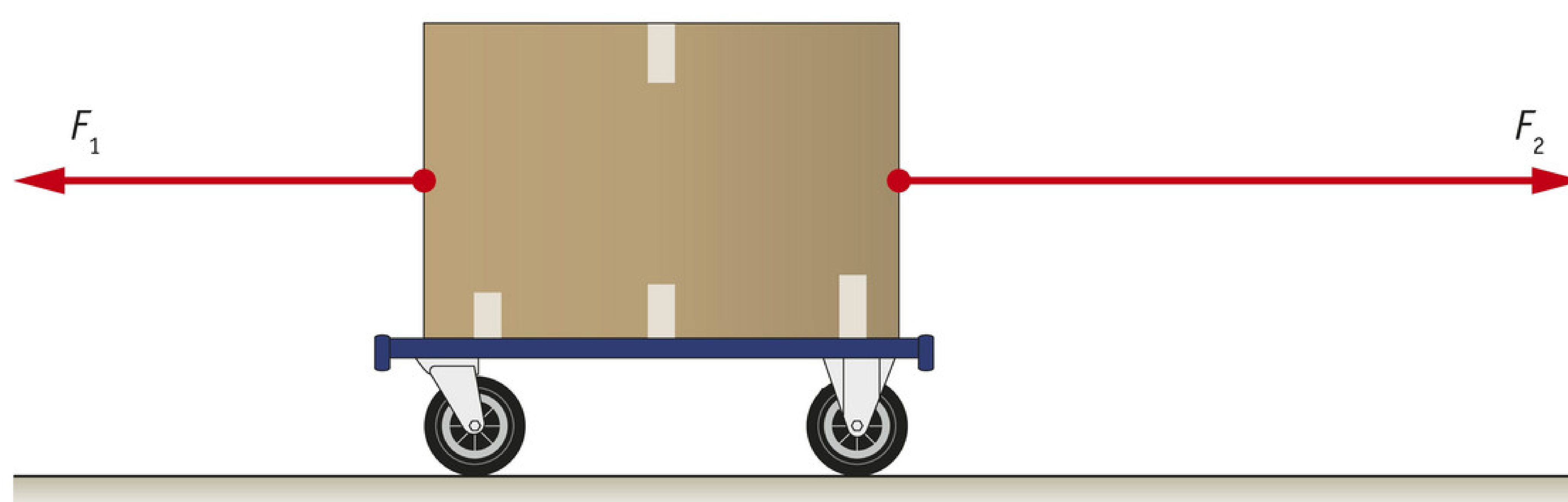
....

....

....

....

....



afbeelding 3 Twee krachten werken op een doos.

5 Een auto rijdt met een snelheid van 15 m/s. De automobilist geeft meer gas, waardoor zijn snelheid in 8 seconden toeneemt tot 33 m/s.
Bereken de versnelling van de auto.

....

....

....

....

....

....

....



Wil je weten of je voldoende voorkennis hebt voor dit hoofdstuk, maak dan online de *Voorkennistoets*. Daar vind je ook filmpjes over de belangrijkste leerdoelen voor dit hoofdstuk.

1 Voortstuwen en tegenwerken

LEERDOELEN

16.1.1 Je kunt beschrijven hoe de luchtwrijving en de rolwrijving een beweging tegenwerken.
16.1.2 Je kunt drie manieren noemen om tegenwerkende krachten te verminderen.
16.1.3 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met de nettokracht op een bewegend voorwerp.
16.1.4 Je kunt aangeven hoe een voorwerp beweegt, als je de nettokracht op dat voorwerp kent.
16.1.5 Je kunt beschrijven hoe de nettokracht een voorwerp van richting kan laten veranderen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN						
	16.1.1	16.1.2	16.1.3	16.1.4	16.1.5	10.1.3*	15.1.4*
Onthouden	1bcd	2ab	1a	3abc	3d		
Begrijpen	6a		5a	4, 5b, 9abcdefg			
Toepassen			8ab	6bc, 7b, 8c		7a	7c
Analyseren	7d						

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Als fietser kun je allerlei soorten wegdek tegenkomen: klinkers, asfalt, stoeptegels, mul zand, enzovoort. Op welk wegdek kom je het snelst vooruit? En welk soort wegdek rijdt het zwaarst?

VOORTSTUWENDE EN TEGENWERKENDE KRACHTEN

Als je tegen de wind in fietst, moet je flink trappen om vooruit te komen. Jouw spieren leveren dan de **voortstuwende kracht** die nodig is om de fiets te laten bewegen. Een andere naam voor voortstuwende kracht is **aandrijfkracht**.

Als je stopt met trappen, verandert dat. Je fiets verliest dan meteen snelheid. Dat komt doordat er verschillende **tegenwerkende krachten** op jou en je fiets werken. Die brengen je fiets in korte tijd tot stilstand.

Eén van de tegenwerkende krachten is de **luchtwrijving** (of luchtweerstand). Deze kracht ontstaat doordat je de lucht voor je steeds opzij moet duwen. De luchtwrijving is het grootst bij tegenwind, maar ze is er ook bij windstil weer. Alleen als je meewind hebt en de wind jou net kan bijhouden, valt de luchtwrijving weg.

Een andere tegenwerkende kracht is de **rolwrijving** (of rolweerstand). Rolwrijving ontstaat doordat de banden en de ondergrond vervormen tijdens het rijden. Hoe groter die vervorming is, des te groter is de rolwrijving. Daarom is het zo zwaar om door mul zand te rijden: dat is een ondergrond die sterk vervormt.

DE TEGENWERKENDE KRACHTEN VERMINDEREN

Er zijn verschillende manieren bedacht om tegenwerkende krachten kleiner te maken. Auto's en hogesnelheidstreinen hebben bijvoorbeeld een gestroomlijnde vorm, want dat vermindert de luchtwrijving (afbeelding 1). Om dezelfde reden zitten wielrenners voorovergebogen op hun fiets. Ze hoeven dan minder lucht opzij te duwen.



afbeelding 1 Een trein met stroomlijn.

Ook de rolwrijving kun je kleiner maken. Als je over een hobbelig oppervlak fietst, is de rolwrijving groot. Je banden vervormen elke keer dat ze tegen een hobbel botsen. Wegen en fietspaden hebben daarom een vlak wegdek. Wielrenners verminderen de rolwrijving door hun banden keihard op te pompen, zodat die moeilijk kunnen vervormen.

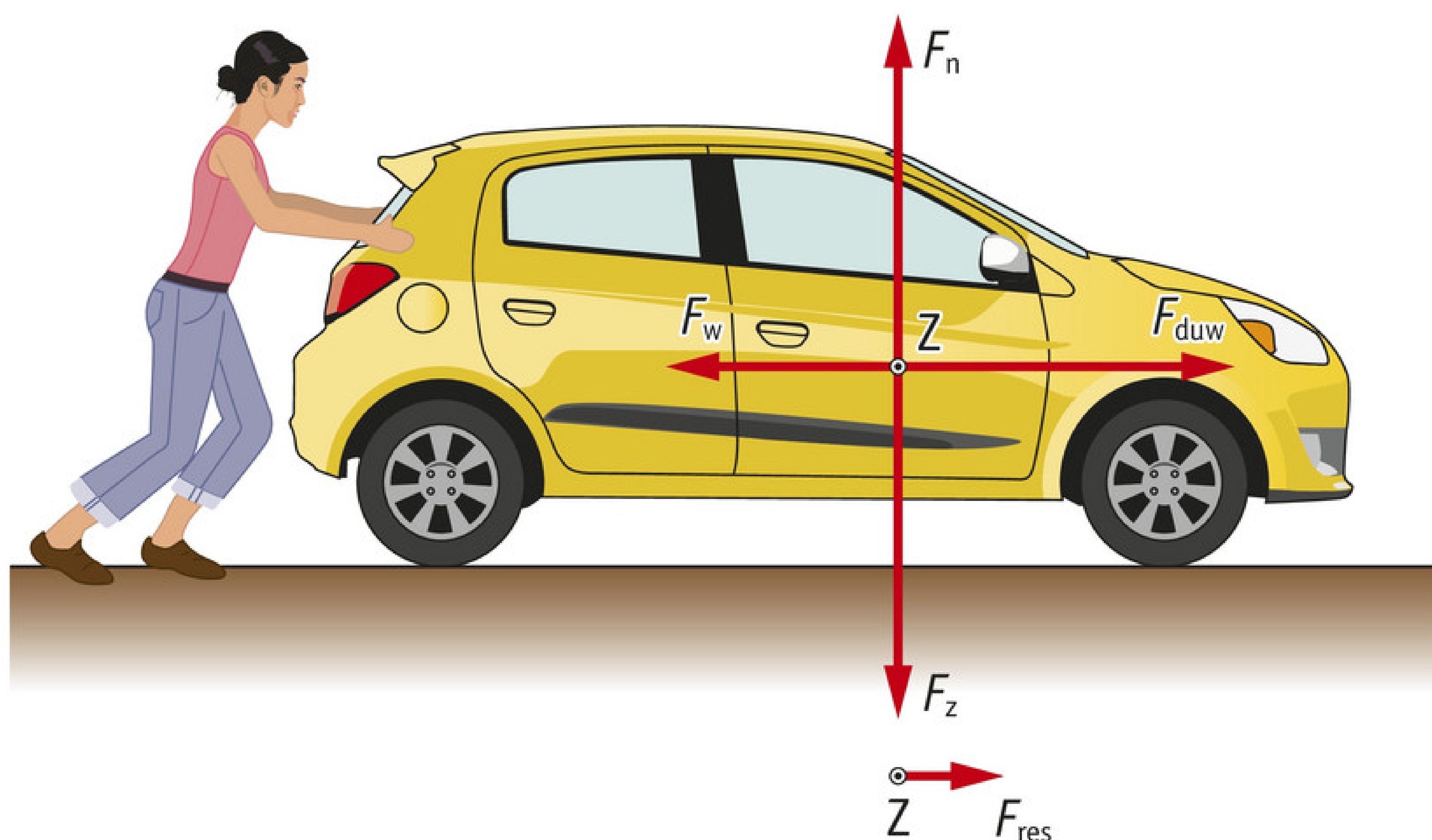
Tegenwerkende krachten ontstaan ook in je fiets, waar onderdelen langs elkaar wrijven. Denk bijvoorbeeld aan de schakels van een fietsketting, die steeds langs elkaar scharnieren. Je kunt de **wrijvingskrachten** klein houden door je ketting af en toe te smeren.

NETTOKRACHT

Op een bewegend voorwerp, zoals een auto of een fiets, werken verschillende krachten. Samen oefenen die krachten één resulterende kracht op het voorwerp uit: de **nettokracht** of **resultante**.

In afbeelding 2 zie je een auto die wordt geduwd. Op de auto werken vier krachten: de zwaartekracht F_z, de normaalkracht F_n, de duwkracht F_{duw} en de wrijvingskracht F_w. Om de tekening eenvoudig te houden, heeft de tekenaar alle krachten laten aangrijpen in het zwaartepunt Z.

De zwaartekracht en de normaalkracht zijn even groot, maar werken in tegengestelde richtingen. Deze twee krachten heffen elkaar dus op. De duwkracht en de wrijvingskracht werken ook in tegengestelde richtingen, maar ze heffen elkaar niet op: de duwkracht is duidelijk groter. Dat betekent dat er een nettokracht F_{res} (de resultante) werkt naar rechts.



afbeelding 2 Vier krachten en hun resultante.

DE NETTOKRACHT LAAT DE SNELHEID VERANDEREN

Als je zachtjes tegen een auto duwt, gebeurt er niets. Dat komt doordat er dan tegenwerkende krachten ontstaan die even groot zijn als de duwkracht. De nettokracht blijft daardoor 0 N. Als je iets harder duwt, worden de tegenwerkende krachten ook iets groter. De nettokracht blijft 0 N (afbeelding 3).

Pas als je flink kracht zet, verandert dat. De tegenwerkende krachten kunnen je duwkracht dan niet meer compenseren. De nettokracht wordt nu voor het eerst groter dan 0 N. De auto begint daardoor te rollen en beweegt steeds sneller, in de richting van de nettokracht.

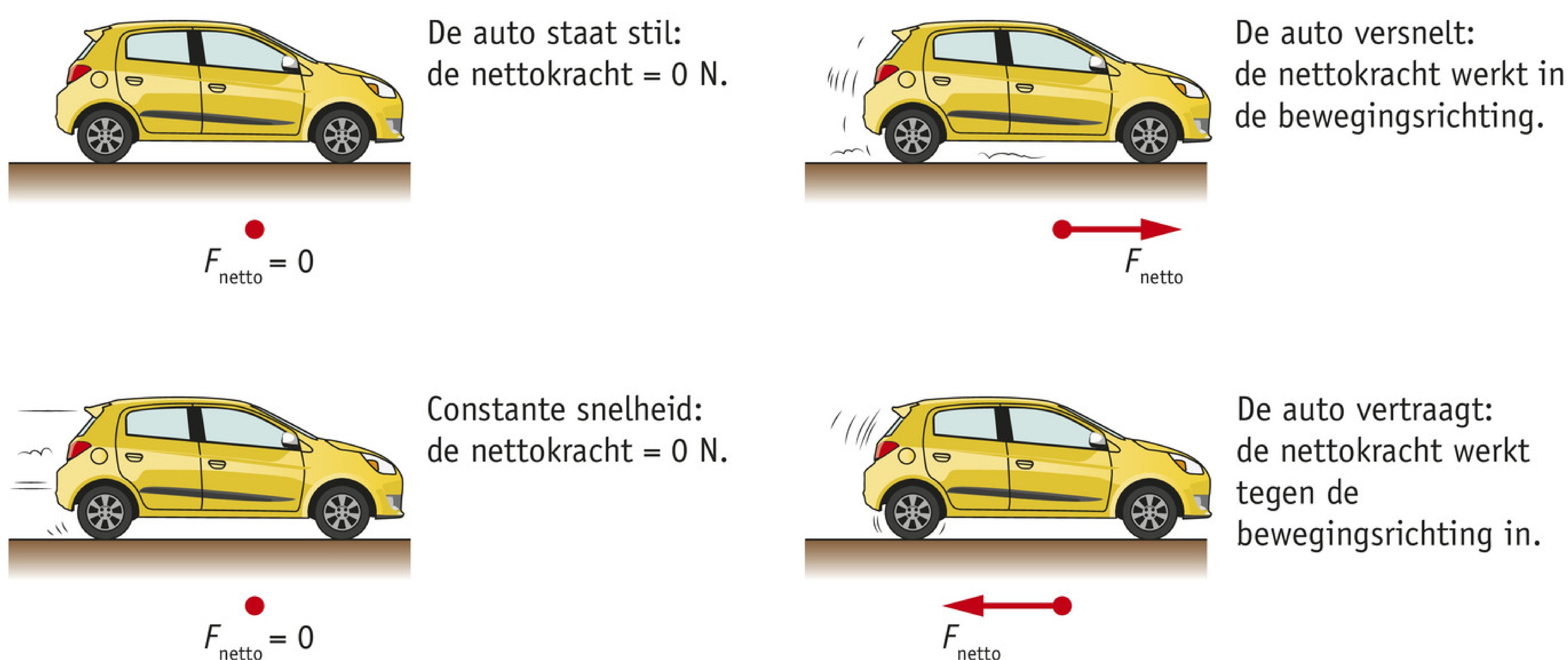
Als de voortstuwende kracht groter is dan alle tegenwerkende krachten samen, beweegt een voorwerp versneld.

Als de auto de gewenste snelheid heeft, duw je iets minder hard. De voortstuwende kracht en de tegenwerkende krachten zijn nu weer even groot. De nettokracht wordt opnieuw 0 N. In deze situatie is er geen kracht die de beweging versnelt, maar ook geen kracht die de beweging afremt. Dat betekent dat het voorwerp met precies dezelfde snelheid verder beweegt.

Als de voortstuwende kracht even groot is als alle tegenwerkende krachten samen, verandert de snelheid niet.

Als je na een tijdje ophoudt met duwen, blijven alleen de tegenwerkende krachten over. De nettokracht wordt dan opnieuw groter dan 0 N. Alleen werkt deze nettokracht de andere kant op, tegen de bewegingsrichting in. Dat zorgt ervoor dat de auto vertraagt en tot stilstand komt.

Als de voortstuwende kracht kleiner is dan alle tegenwerkende krachten samen, beweegt een voorwerp vertraagd.



afbeelding 3 De richting van de nettokracht bepaalt hoe de auto beweegt.

Als de nettokracht 0 N is en het voorwerp beweegt al, dan beweegt het met dezelfde snelheid verder. Maar als de nettokracht 0 N is en het voorwerp staat stil, dan blijft dat zo. Het voorwerp komt dan niet in beweging.

DE NETTOKRACHT LAAT DE RICHTING VERANDEREN

De nettokracht kan een bewegend voorwerp niet alleen laten versnellen of vertragen. De nettokracht kan een voorwerp ook van richting laten veranderen. Denk aan een situatie waarin er opeens een harde windstoot van opzij komt.

Als de nettokracht loodrecht op de bewegingsrichting staat, verandert alleen de richting van de beweging; de snelheid van het voorwerp blijft dan even groot. Als de nettokracht een andere hoek met de bewegingsrichting maakt, verandert zowel de snelheid als de bewegingsrichting.

VOORBEELDOPDRACHT 1

In afbeelding 4 zijn drie situaties afgebeeld.
Beredeneer hoe het voorwerp in elke situatie zal bewegen.

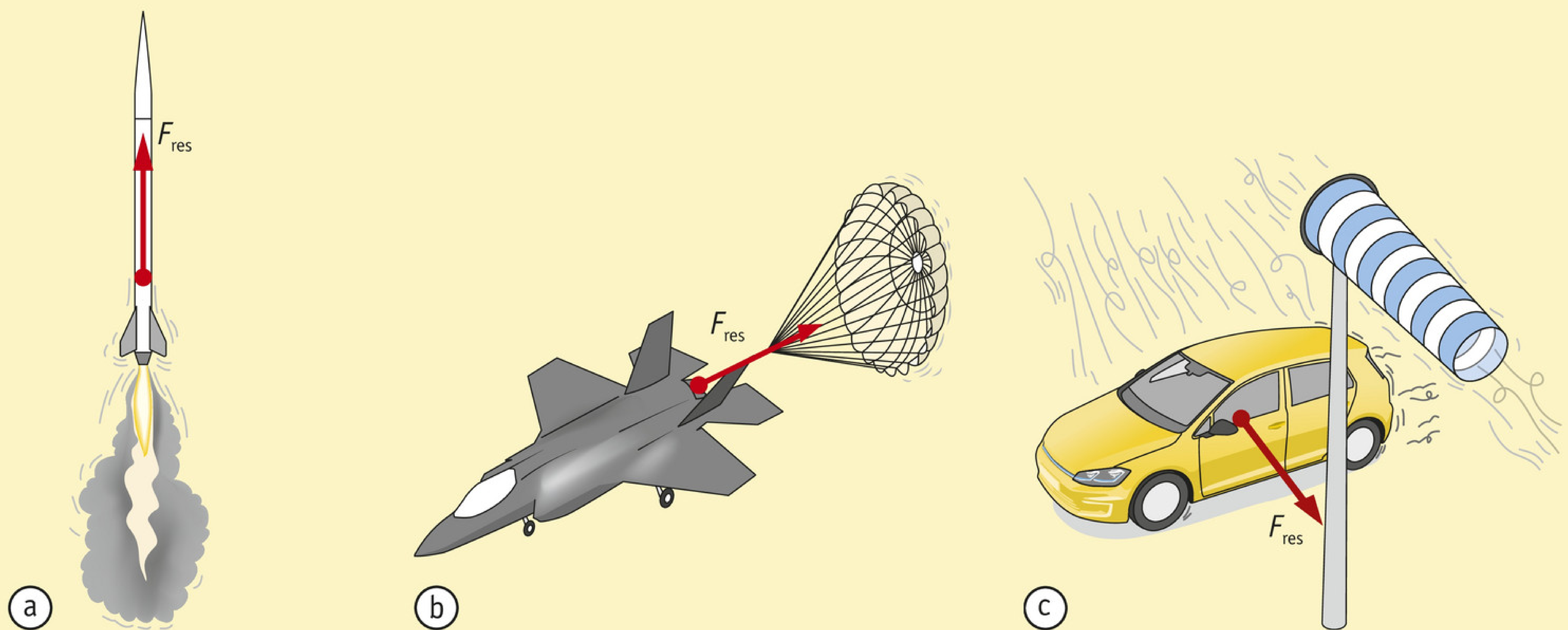
Uitwerking

De raket in afbeelding 4a beweegt versneld. Dat komt doordat de voortstuwende kracht groter is dan alle tegenwerkende krachten samen. De nettokracht werkt in dezelfde richting als de beweging.

Het vliegtuig in afbeelding 4b beweegt vertraagd. Dat komt doordat de voortstuwende kracht kleiner is dan alle tegenwerkende krachten samen. De nettokracht werkt tegen de bewegingsrichting in.

In afbeelding 4c verandert de auto van richting, doordat er opeens een hevige windstoot van rechts komt. De nettokracht laat de auto afbuigen naar de linkerkant van de weg.

afbeelding 4 De nettokracht bepaalt hoe het voorwerp beweegt.





Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a Als je fietst, leveren je spieren de .... kracht die nodig is om de fiets te laten bewegen.

b Als je stopt met trappen, wordt je fiets afgeremd doordat er ook .... op jou en je fiets werken.

c De .... ontstaat doordat je de lucht voor je steeds opzij moet duwen.

d De .... ontstaat doordat de banden en de ondergrond tijdens het rijden vervormen.

2 Leg uit waarom wielrenners:

a voorovergebogen op hun fiets zitten (in plaats van rechtop).

....

....

b de banden van hun fiets voor de wedstrijd hard oppompen.

....

....

3 Hoe een voorwerp beweegt, wordt bepaald door de nettokracht (de resultante van alle krachten samen).
Hoe beweegt een voorwerp:

a als de nettokracht in de bewegingsrichting werkt?

....

....

b als de nettokracht 0 N is?

....

....

....

c als de nettokracht tegen de bewegingsrichting in werkt?

....

....

d als de nettokracht loodrecht op de bewegingsrichting staat?

....

....

....

TOEPASSING

4 Een fietser rijdt met een constante snelheid van 15 km/h over een asfaltweg.
Welke bewering is juist?

- ○ A De voortstuwende kracht is groter dan de wrijvingskrachten.
- ○ B De voortstuwende kracht is even groot als de wrijvingskrachten.
- ○ C De voortstuwende kracht is kleiner dan de wrijvingskrachten.

5 Hielke en Sietse varen met hun motorboot naar de overkant van een meer. De boot vaart rechtuit, met een constante snelheid.

a Welke krachten werken er op de boot? Noem er minstens vier.

....

....

....

....

....

....

b Hoe groot is de resultante van die krachten (de nettokracht)?

....

....

....

6 Carla traint regelmatig op haar racefiets. Hoe sneller ze fietst, des te groter zijn de tegenwerkende krachten (en des te harder moet Carla trappen).

a Noteer twee tegenwerkende krachten die tijdens zo'n training op Carla en haar fiets werken.

....

....

b In afbeelding 5 is het verband getekend tussen de (totale) tegenwerkende kracht en de snelheid. Carla rijdt met een constante snelheid van 11 m/s.
Hoe groot is dan de voortstuwende kracht? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....

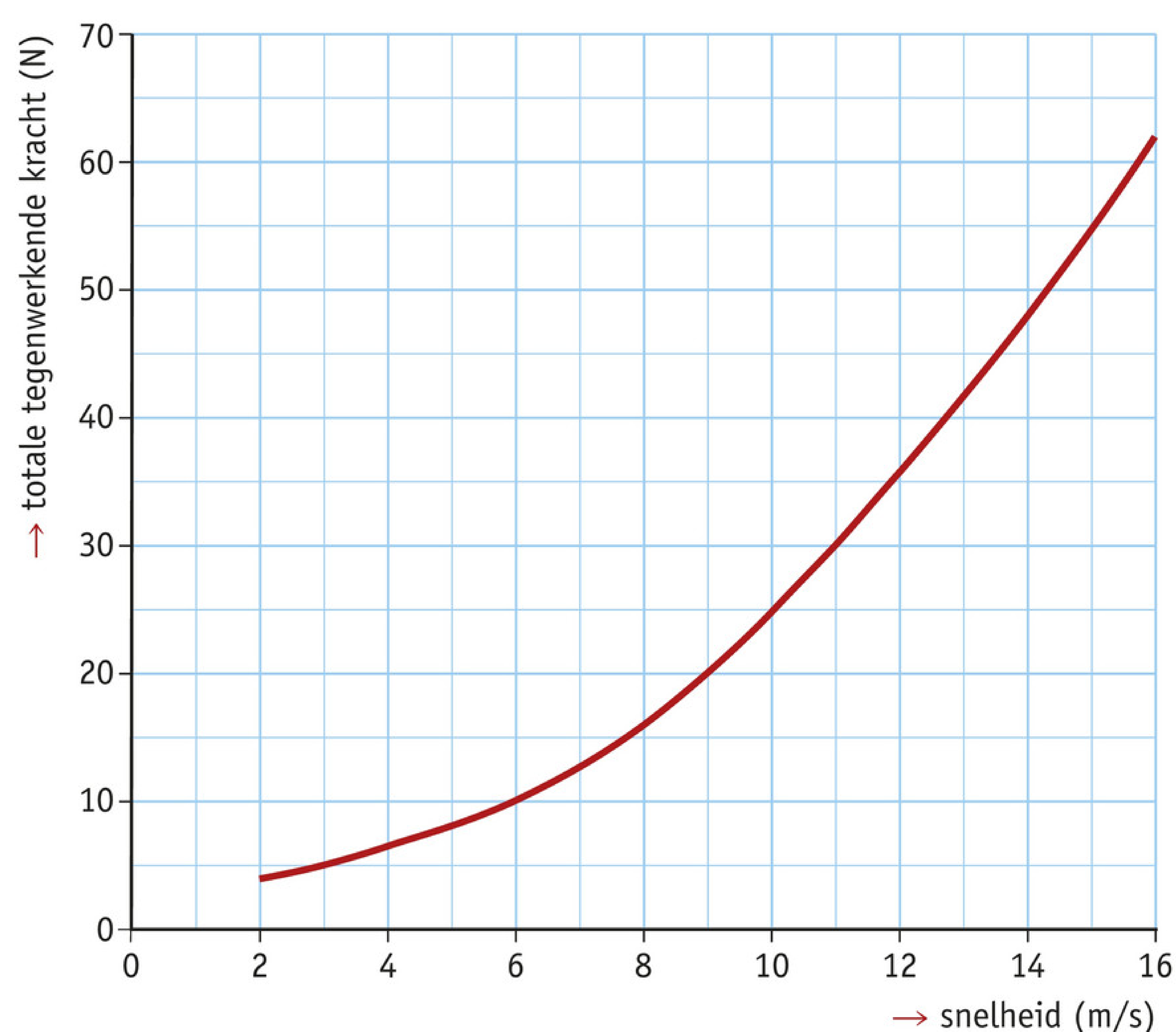
c Op een gegeven moment begint Carla harder te trappen. Op haar fiets werkt enige tijd een (constante) voortstuwende kracht van 40 N.
Welke snelheid zal Carla uiteindelijk bereiken? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....



afbeelding 5 Het verband tussen de snelheid en de tegenwerkende kracht.

7  Meike heeft een hoverboard (afbeelding 6). Aan elk wiel zit een elektromotor die is aangesloten op een accu. De wielen van het board worden aangedreven als Meike op het board staat en haar voeten kantelt. In afbeelding 7 zie je Meike op haar hoverboard. Ze rijdt op topsnelheid. De stuwkracht is dan 18 N. Meike mag het hoverboard niet op de openbare weg gebruiken.



afbeelding 6 Het hoverboard van Meike.

a Teken in afbeelding 7 de stuwkracht op topsnelheid vanuit punt P. Gebruik als krachtenschaal 1,0 cm ≙ 5,0 N.

b Meike rijdt op haar hoverboard op topsnelheid over een horizontale weg.
Wat is dan de grootte van de nettokracht?

- ○ A 0 N
- ○ B 18 N in de rijrichting
- ○ C 36 N in de rijrichting
- ○ D 18 N tegen de rijrichting in
- ○ E 36 N tegen de rijrichting in

c Meike rijdt met een gemiddelde snelheid van 9,0 km/h op haar hoverboard. Na 3,5 uur gebruik is de accu leeg.
Bereken de afstand die Meike heeft afgelegd.

....

....

....

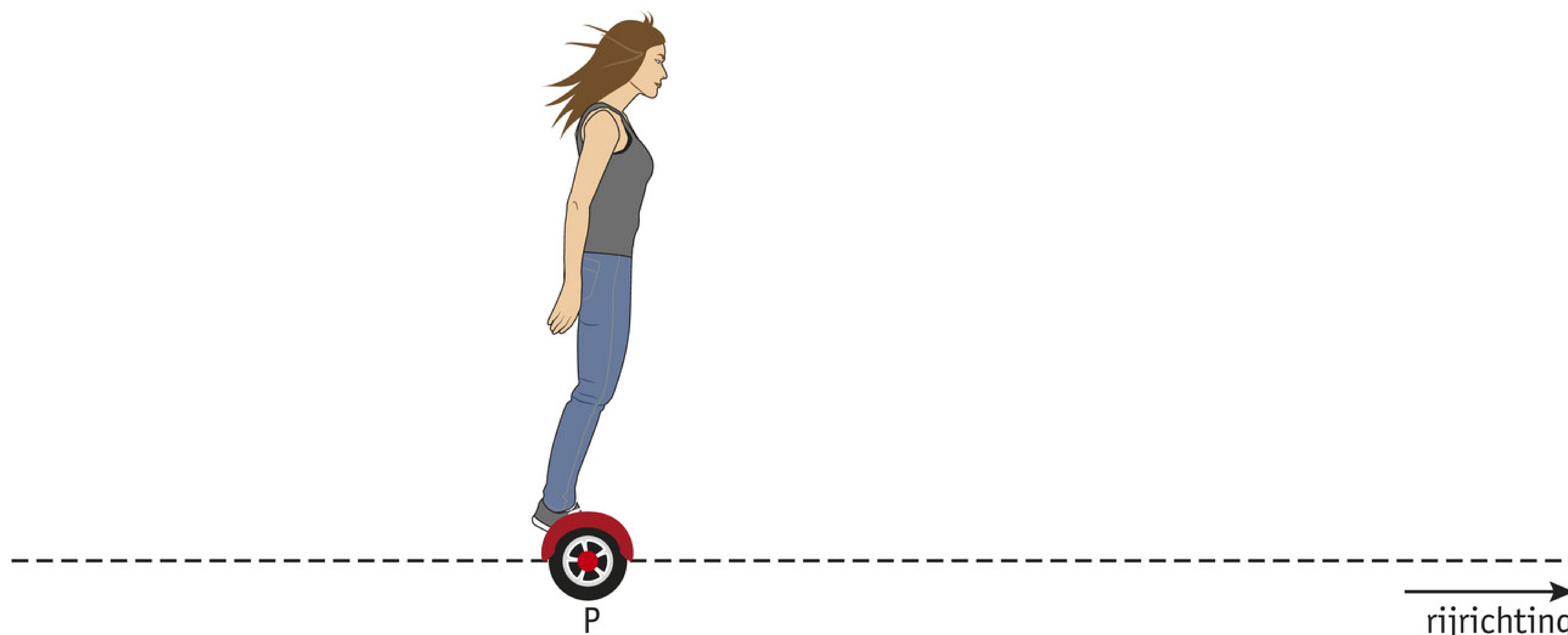
....

....

d Tijdens het rijden op haar hoverboard rijdt Meike met verschillende snelheden.
Wat is juist over de luchtweerstand bij hogere snelheid?

- ○ A De luchtweerstand blijft gelijk.
- ○ B De luchtweerstand neemt af.
- ○ C De luchtweerstand neemt toe.

naar: examen 2021-II



afbeelding 7 Meike op topsnelheid.

★ 8 Een verhuizer probeert een zware kist te verschuiven. Hij oefent daarbij een (horizontale) kracht van 600 N op de kist uit. Toch komt de kist niet van zijn plaats. De wrijving tussen de kist en de vloer is te groot.

a Hoe groot is de wrijvingskracht zolang de verhuizer duwt?

....

....

....

....

b Op een gegeven moment houdt de verhuizer op met duwen.
Hoe groot is de wrijvingskracht nadat de verhuizer is opgehouden met duwen?

....

....

....

....

c Even later probeert de verhuizer de kist opnieuw te verschuiven, nu met hulp van een collega. Als hun gezamenlijke (horizontale) duwkracht 900 N is, beweegt de kist met een constante snelheid over de vloer.
Hoe groot is de wrijvingskracht dan? Licht je antwoord toe.

....

....

....

....

9 Op een liftkooi werken twee krachten: de zwaartekracht (F_z) en de spankracht in de kabel (F_s). Je mag ervan uitgaan, dat de wrijvingskrachten op de liftkooi zijn te verwaarlozen (afbeelding 8).
Wat weet je over de grootte van F_z, vergeleken met F_s, in de volgende situaties?

a De kooi beweegt omhoog; de snelheid neemt toe.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.

b De kooi beweegt omhoog; de snelheid is constant.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.

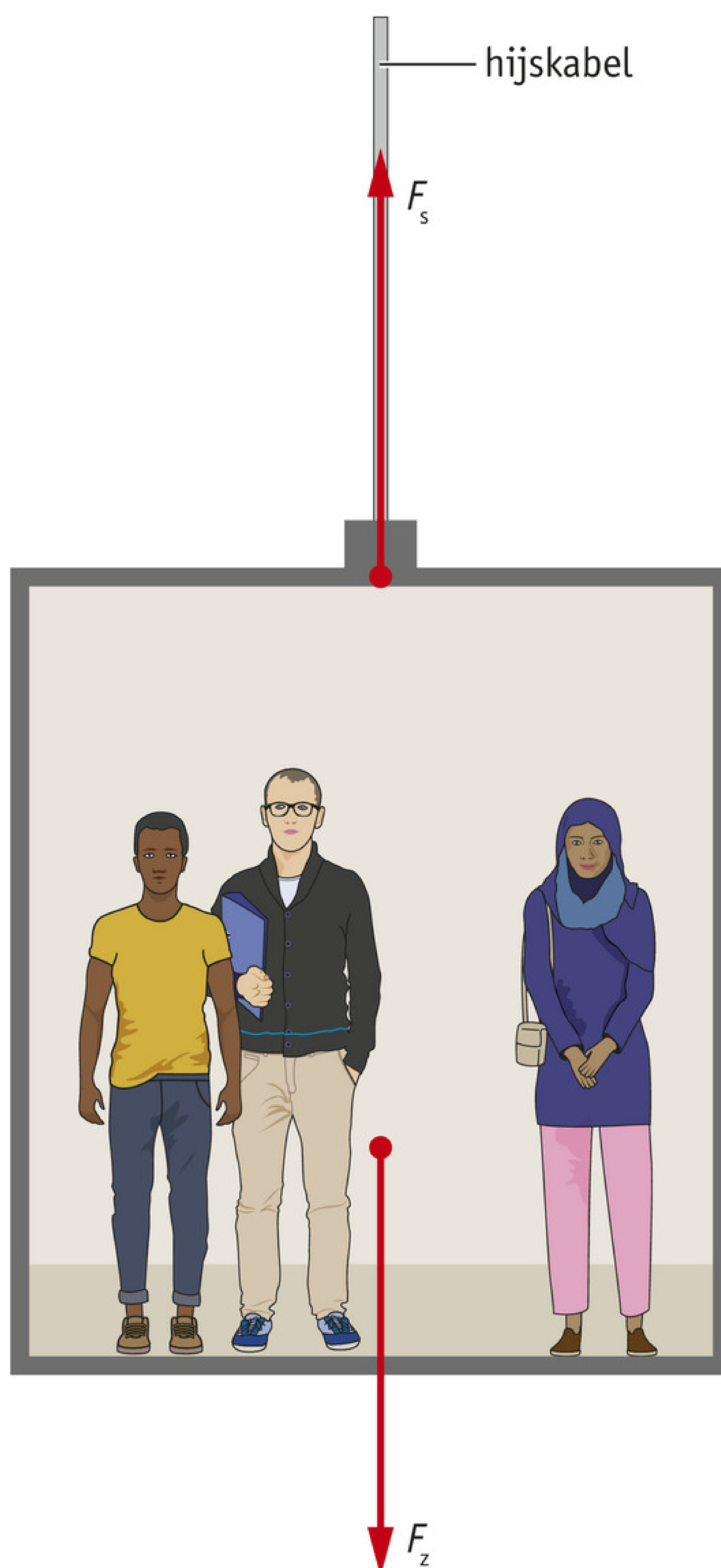
c De kooi beweegt omhoog; de snelheid neemt af.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.

d De kooi hangt stil zonder te bewegen.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.

e De kooi beweegt omlaag; de snelheid neemt toe.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.

f De kooi beweegt omlaag; de snelheid is constant.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.

g De kooi beweegt omlaag; de snelheid neemt af.
F_z is *groter dan / even groot als / kleiner dan* F_s.



afbeelding 8 Op een liftkooi werken twee krachten: F_s omhoog en F_z naar beneden.


Test je kennis met de *Test jezelf*.

2 Optrekken en afremmen

LEERDOELEN

16.2.1 Je kunt uitleggen waaraan je kunt merken dat een voorwerp een grote traagheid heeft.
16.2.2 Je kunt het verband benoemen tussen de massa van een voorwerp en zijn traagheid.
16.2.3 Je kunt berekeningen uitvoeren met kracht, massa en versnelling.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN							
	16.2.1	16.2.2	16.2.3	10.1.4*	15.2.5*	15.3.1*	15.4.1*	16.1.3*
Onthouden		1c, 2abc	1ab				9a	
Begrijpen	3c	5						8c
Toepassen	3ab, 4, 7c		6b, 7a, 8b, 9b	9c	6a, 8a	7b		
Analyseren				9d				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Als een buschauffeur plotseling hard remt, schieten de passagiers allemaal naar voren. Kun je uitleggen hoe dat komt?

RIJDEN IN EEN VRACHTAUTO

Als een vrachtauto zwaarbeladen is, komt hij maar langzaam op gang. Hoe groter de massa van de lading, des te kleiner is de versnelling (als de chauffeur het gaspedaal steeds even ver intrapt).

Ook het afremmen duurt langer, als een vrachtauto zwaarbeladen is. Hoe groter de massa van de lading, des te kleiner is de remvertraging (als de chauffeur steeds even hard remt).

De chauffeur van een zwaarbeladen vrachtwagen moet ook voorzichtig zijn bij het nemen van bochten. Een volgeladen vrachtwagen vliegt gemakkelijker uit de bocht dan een lege vrachtwagen.

TRAAGHEID

Aan dit soort voorbeelden zie je dat de massa een rol speelt bij elke verandering van beweging. De massa heeft niet alleen invloed op de versnelling waarmee je een voorwerp kunt laten optrekken. De massa bepaalt ook hoe moeilijk het is om het voorwerp af te remmen of van richting te laten veranderen.

Je zegt daarom dat een voorwerp met een grote massa een grote **traagheid** heeft. Dat betekent dat het moeilijk is om de beweging van zo'n voorwerp te beïnvloeden. Er is een grote nettokracht voor nodig om de snelheid of de bewegingsrichting merkbaar te veranderen (afbeelding 1).



afbeelding 1 Een zwaarbeladen containerschip heeft een enorme traagheid.

Een chauffeur die stalen balken vervoert, weet dat zijn lading een grote traagheid heeft. Hij let er daarom goed op dat de balken stevig met spanbanden worden vastgezet. Als hij remt, moeten de spanbanden een grote kracht op de balken uitoefenen. Anders zullen de balken verder bewegen, terwijl de vrachtauto tot stilstand komt.

KRACHT, MASSA EN VERSNELLING

PROEF 1 Je kunt het verband tussen de nettokracht, de massa en de versnelling samenvatten in de formule:

$$F = m \cdot a$$

In deze formule is:
- F de grootte van de nettokracht in newton (N);
- m de massa van het voorwerp in kilogram (kg);
- a de versnelling in meter per seconde kwadraat (m/s^2).

VOORBEELDOPDRACHT 1

Een auto trekt in 4,0 seconden op van 0 km/h naar 54 km/h. Je mag aannemen dat de beweging eenparig versneld is. De auto heeft een massa van 800 kg.
Bereken hoe groot de nettokracht (in kN) is die de auto laat versnellen.

Dit is een berekening in twee stappen:

1 Bereken de versnelling a

gegevens $v_b = 0$ m/s
$v_e = 54$ km/h $= 15$ m/s
$t = 4{,}0$ s

gevraagd $a = ?$ m/s^2

uitwerking $\Delta v = 15 - 0 = 15$ m/s
$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{15}{4{,}0} = 3{,}75\ m/s^2$

2 Bereken de nettokracht F

gegevens $m = 800$ kg
$a = 3{,}75\ m/s^2$

gevraagd $F = ?$ kN

uitwerking $F = m \cdot a = 800 \times 3{,}75 = 3000$ N $= 3{,}0$ kN

De nettokracht is dus 3,0 kN.

DE VERSNELLING BEREKENEN

Op de foto in afbeelding 2 zie je een auto en een motor die voor een verkeerslicht staan. De massa van de auto is 1200 kg, die van de motor 300 kg (inclusief de bestuurders). Als het verkeerslicht op groen springt, trekken de auto en de motor beide op. Op beide voertuigen werkt daarbij een nettokracht van 1,8 kN.

De motor krijgt daardoor een versnelling:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1800}{300} = 6 \text{ m/s}^2$$

De auto krijgt daardoor een versnelling:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1800}{1200} = 1{,}5 \text{ m/s}^2$$

Je ziet: de nettokracht is voor beide voertuigen even groot. Toch is de versnelling van de motor veel groter. Dat komt doordat de massa – en dus ook de traagheid – van de motor veel kleiner is dan die van de auto.



afbeelding 2 Een motor kan veel sneller optrekken dan een auto.

DE REMVERTRAGING BEREKENEN

PROEF 2

Als een wielrenner moet remmen, doet hij twee dingen: hij stopt met trappen en hij knijpt in de remhendels. De voortstuwende kracht valt dan weg. Tegelijk ontstaat er een grote wrijvingskracht, doordat de remblokjes tegen de remschijven worden gedrukt. Er werken dan alleen nog maar tegenwerkende krachten op de fiets. De nettokracht is zo groot dat de fiets snel afremt.

Je kunt de formule $F = m \cdot a$ gebruiken om de remvertraging of de remkracht te berekenen. De letter a staat in dit geval voor de remvertraging (de snelheidsafname per seconde). De letter F staat voor de nettokracht: de totale remkracht die op het voertuig wordt uitgeoefend.

VOORBEELDOPDRACHT 2

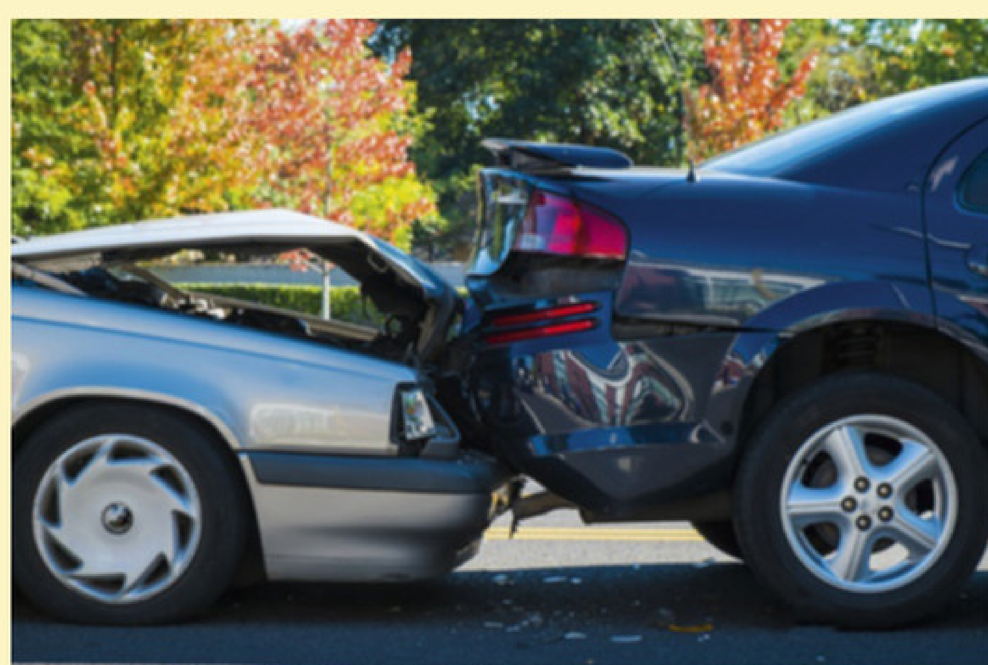
Een Opel Astra heeft een massa van 1300 kg. De remmen moeten voldoende remkracht kunnen leveren voor een remvertraging van minstens 5,2 m/s² (afbeelding 3).
Bereken hoe groot de remkracht op zijn minst moet zijn.

gegevens m = 1300 kg
a = 5,2 m/s²

gevraagd F = ? kN

uitwerking $F = m \cdot a = 1300 \times 5{,}2 = 6760$ N = 6,8 kN

De totale remkracht moet dus op zijn minst 6,8 kN zijn.



afbeelding 3 In deze situatie was de remkracht te klein.


Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.

LEERSTOF

1 Vul in.

a In de formule $F = m \cdot a$ is

- F de .... op het voorwerp;
- m de .... van het voorwerp;
- a de .... die het voorwerp krijgt.

b Als je in de formule $F = m \cdot a$

- m invult in .... (................),
- a invult in .... (................),
- vind je de kracht F in .... (................).

c Hoe groter de .... van een voorwerp, des te groter is zijn traagheid.

2 Een volgeladen vrachtwagen heeft een grotere traagheid dan een lege vrachtwagen.
Hoe merkt een vrachtwagenchauffeur dat:

a bij het optrekken?

....

....

b bij het nemen van bochten?

....

....

c bij het afremmen?

....

....

TOEPASSING

3 Bekijk afbeelding 4.

a Kan deze situatie zich voordoen als de trein plotseling optrekt? Zo ja, rijden Gert en Hermien dan vooruit of achteruit?

....

....

b Kan deze situatie zich voordoen als de trein plotseling afremt? Zo ja, rijden Gert en Hermien dan vooruit of achteruit?

....

....

c Leg uit waardoor de koffers uit het rek vallen. Gebruik het woord ‘traagheid’ in je uitleg.

....

....

....

....

....

....

....



afbeelding 4 Gert en Hermien krijgen de koffers op hun hoofd.

4 Soms kantelen vrachtwagens in het verkeer zonder dat er een andere weggebruiker bij het ongeluk is betrokken (afbeelding 5).
Wanneer is de kans op kantelen het grootst?

- als de vrachtauto *geladen* / *ongeladen* is
- *op een recht stuk weg* / *in een bocht*
- bij een *hoge* / *lage* snelheid

afbeelding 5 Een veelvoorkomend soort ongeluk.

VRACHTWAGEN KANTELT OP ROTONDE

Op de N279 bij Beek en Donk is donderdagmiddag een vrachtwagen gekanteld. Het ongeluk gebeurde rond halfvijf op een rotonde. De vrachtwagen vervoerde twee enorme stalen platen met een totaalgewicht van zo'n dertig ton. De chauffeur zou niet gewond zijn geraakt. De weg is dicht tussen Veghel en Beek en Donk in de richting van Roermond. Een ooggetuige spreekt van 'een verkeerschaos'.



5 De NS gebruikt op trajecten met veel stopplaatsen speciale treinstellen, die 'Sprinters' worden genoemd. Een Sprinter kan veel sneller optrekken dan een intercitytreinstel (dat voor lange trajecten met weinig stopplaatsen wordt gebruikt).
Hoe komt het dat een Sprinter veel sneller kan optrekken dan een intercitytreinstel? Geef twee mogelijke redenen.

....

....

....

....

6 Een scooter trekt in 4,0 seconden op van 0 naar 36 km/h. De scooter heeft (inclusief berijder) een massa van 140 kg. Je mag aannemen dat de beweging eenparig versneld is.

a Bereken de versnelling.

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken hoe groot de (netto)kracht is die de scooter laat versnellen.

....

....

....

....

....

7  Zie de vaardigheid *Werken met machten van 10*.
De locomotief in afbeelding 6 kan een trekkracht uitoefenen van $3{,}0 \cdot 10^5$ N. De totale massa van de trein en de locomotief is $1{,}88 \cdot 10^6$ kg.

a Bereken de versnelling gedurende de eerste seconden van de beweging, als de trein net op gang komt. Neem aan dat de tegenwerkende krachten dan nog te verwaarlozen zijn.

....

....

....

....

....

b Bereken hoe snel de trein na 10 seconden beweegt (in km/h).

c De locomotief kan een grote trekkracht uitoefenen. Toch komt de trein maar heel langzaam op gang.
Geef hiervoor een verklaring. Gebruik het woord ‘traagheid’.



afbeelding 6 Een locomotief voor een zware vrachttrein.

8 Een fietser remt in 2,5 seconden af van 18 naar 0 km/h. De fietser en de fiets hebben samen een massa van 95 kg. Je mag aannemen dat de beweging eenparig vertraagd is.

a Bereken de vertraging.

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken hoe groot de remkracht is (op de fietser en de fiets).

....

....

....

....

....

c In welke richting werkt de remkracht?

....

....

....

9 De overheid heeft regels opgesteld waaraan auto's in Nederland moeten voldoen. Je kunt deze regels opzoeken in de *Regeling voertuigen*. In afbeelding 7 zie je een klein deel van deze regeling.

a Met welke vertraging moet een auto kunnen afremmen volgens de *Regeling voertuigen*?

....

....

b Een doorsnee personenauto heeft een massa van 1400 kg, inclusief twee inzittenden. Bereken hoe groot de remkracht op zo'n auto minstens moet zijn.

....

....

....

....

....

c Bij een remtest mag de pedaalkracht hoogstens 500 N zijn. Wat wordt bedoeld met 'de pedaalkracht'?

....

....

....

d Waarom zou de pedaalkracht niet groter mogen zijn dan 500 N? Bedenk zelf de reden.

....

....

....

....

afbeelding 7 Een deel van artikel 5.2.38 van de *Regeling voertuigen*.

Artikel 5.2.38

1 Personenauto's in gebruik genomen na 31 december 2011, moeten zijn voorzien van een bedrijfsrem waarvan de remvertraging op een droge of nagenoeg droge en ongeveer horizontaal liggende weg ten minste 5,8 m/s^2 bedraagt, bij een pedaalkracht van niet meer dan 500 N.

bron: wetten.overheid.nl


Test je kennis met de *Test jezelf*.

3 Veiligheid in het verkeer

LEERDOELEN

16.3.1 Je kunt uitleggen hoe een automobilist een verantwoorde, veilige snelheid kan kiezen.

16.3.2 Je kunt toelichten hoe de tweesecondenregel helpt om voldoende afstand te bewaren.

16.3.3 Je kunt met voorbeelden uitleggen dat de apk zorgt voor meer veiligheid op de weg.

16.3.4 Je kunt de functie beschrijven van de kooiconstructie en de kreukelzone van een auto.

16.3.5 Je kunt uitleggen hoe veiligheidsgordels, airbags en veiligheidshelmen de krachten bij een botsing verkleinen.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN								
	16.3.1	16.3.2	16.3.3	16.3.4	16.3.5	15.4.6*	16.1.4*	16.2.1*	16.2.3*
Onthouden	1a, 2	1b	1c	3ab		6c			
Begrijpen	4abc	6a		9b	7a, 8c			8b	
Toepassen		6b, 6def		9ac	5, 7c, 8d		8a		7b
Analyseren					7d				

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Vakantiegangers leggen soms grote afstanden met de auto af. Welke tips kun je hun geven om weer veilig thuis te komen?

EEN VEILIGE SNELHEID KIEZEN

Hoe sneller een automobilist rijdt, des te langer is zijn stopafstand (de reactie-afstand + de remweg). Het is daarom belangrijk om een veilige snelheid te kiezen. Dan kun je op tijd tot stilstand komen, als er onverwacht iets gebeurt waardoor je moet remmen.

Bij het kiezen van een veilige snelheid zijn verschillende dingen belangrijk: het soort weg, het overige verkeer en bijzondere omstandigheden.

HET SOORT WEG

In een woonwijk rijd je langzamer dan op een doorgaande weg buiten de bebouwde kom. Op de snelweg ligt een veilige snelheid juist hoger dan op een gewone doorgaande weg.

HET OVERIG VERKEER

In het verkeer moet je altijd rekening houden met overige weggebruikers. Als het druk is en er veel fietsers op de weg rijden, moet je je snelheid aanpassen.

BIJZONDERE OMSTANDIGHEDEN

Er kunnen omstandigheden zijn waardoor de stopafstand langer is dan normaal (afbeelding 1), bijvoorbeeld:

- Een auto is zwaarbeladen met mensen en allerlei vakantiespullen.
- De banden van een auto zijn zo langzamerhand aan vervanging toe.
- Het wegdek bestaat uit klinkers die door de regen spiegelglad zijn.
- Een bestuurder is erg vermoeid en reageert langzamer dan anders.

Een goede automobilist kiest onder dit soort omstandigheden voor een lagere snelheid.

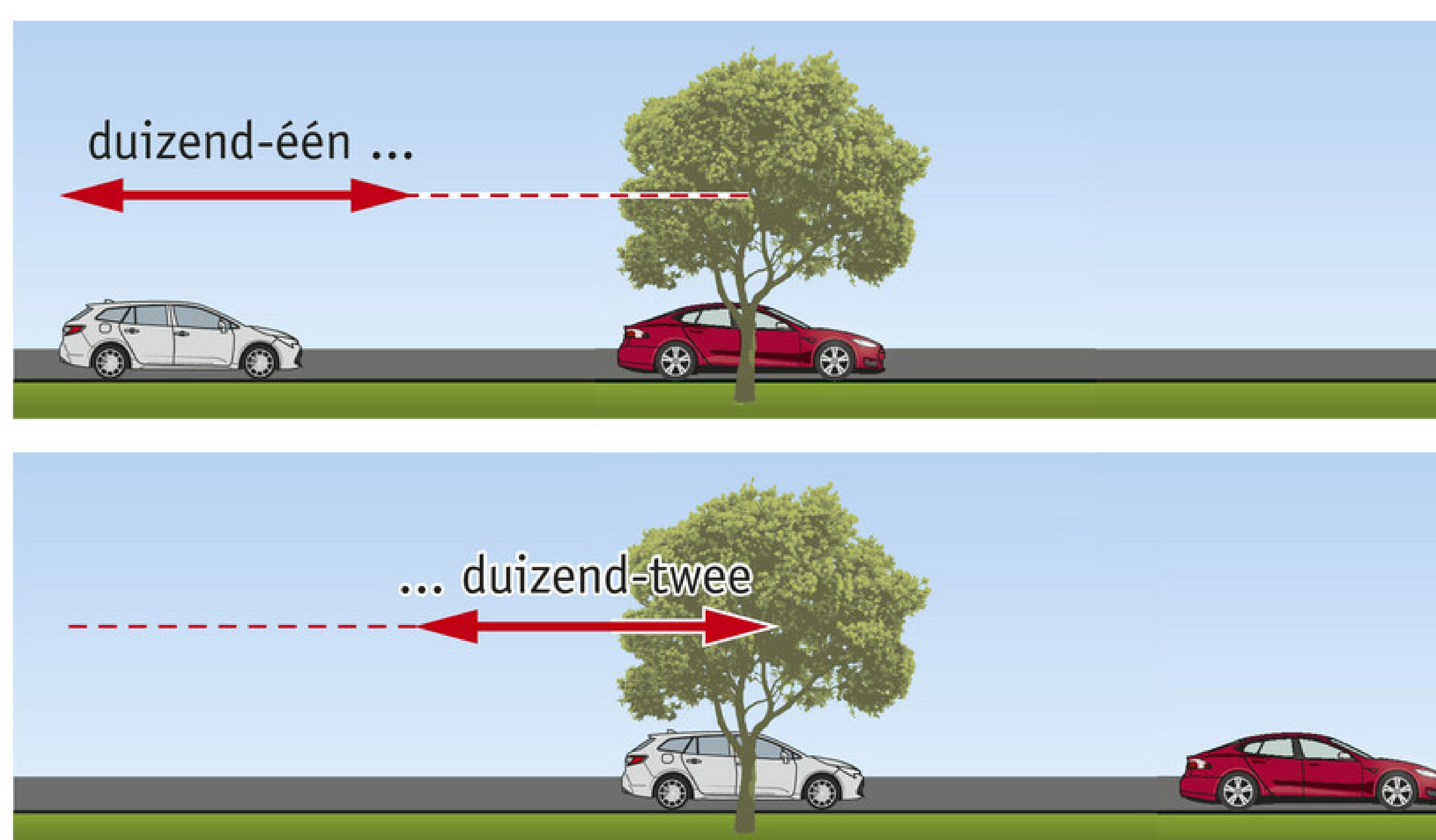


afbeelding 1 Als het heeft gesneeuwd, moeten automobilisten hun snelheid aanpassen.

VOLDOENDE AFSTAND HOUDEN

Het kiezen van een veilige snelheid is niet voldoende. Het is ook belangrijk om voldoende afstand te houden. De meeste kop-staartbotsingen ontstaan doordat automobilisten te dicht op hun voorligger rijden. Zo'n bumperklever heeft gewoon niet genoeg tijd om te reageren, als de auto voor hem plotseling moet remmen.

De politie adviseert automobilisten om afstand te houden volgens de zogeheten tweesecondenregel (afbeelding 2). Volgens deze regel bepaal je een veilige volgafstand door 'duizend-één, duizend-twee' te tellen, zodra de achterkant van je voorligger een bepaald punt passeert (bijvoorbeeld een verkeersbord of een boom). Als je dit punt binnen twee seconden bereikt, rijd je te dicht op de voorligger.



afbeelding 2 Zo werkt de tweesecondenregel.

DE AUTO ONDERHOUDEN

Een auto heeft regelmatig onderhoud nodig. Onderdelen die slijten, moet je op tijd vervangen. Dat geldt vooral voor onderdelen die belangrijk zijn voor de veiligheid, zoals de banden en de remblokken. Als die versleten zijn, is de auto niet veilig meer.

De overheid heeft besloten dat autobezitters hun auto regelmatig moeten laten keuren. Bij deze apk (algemene periodieke keuring) wordt gecontroleerd of een auto voldoet aan de geldende veiligheids- en milieueisen. Als een auto niet goed is onderhouden, kan hij worden afgekeurd.

Bij de apk wordt onder andere gekeken naar het profiel van de banden (het patroon van ribbels en groeven). Dit profiel is nodig om een band een goede grip op de weg te geven (afbeelding 3). Bij de apk wordt gemeten hoe diep het profiel is. Als dat minder is dan 1,6 mm, is de band te ver afgesleten. De eigenaar moet dan nieuwe banden op zijn auto zetten.



afbeelding 3 Het profiel op de banden is noodzakelijk voor een goede grip op de weg.

De apk-keurmeester test ook de remmen van de auto. De remvertraging moet voor moderne auto's minstens 5,8 m/s^2 zijn. Als die vertraging niet wordt gehaald, zijn de remmen niet in orde. De eigenaar moet de remmen dan laten herstellen, bijvoorbeeld door de remblokken te vervangen.

Andere onderdelen die bij de apk worden gekeurd, zijn de ruitenwissers en de autoverlichting. Ook die zijn van belang voor de veiligheid.

KOOICONSTRUCTIE EN KREUKELZONE

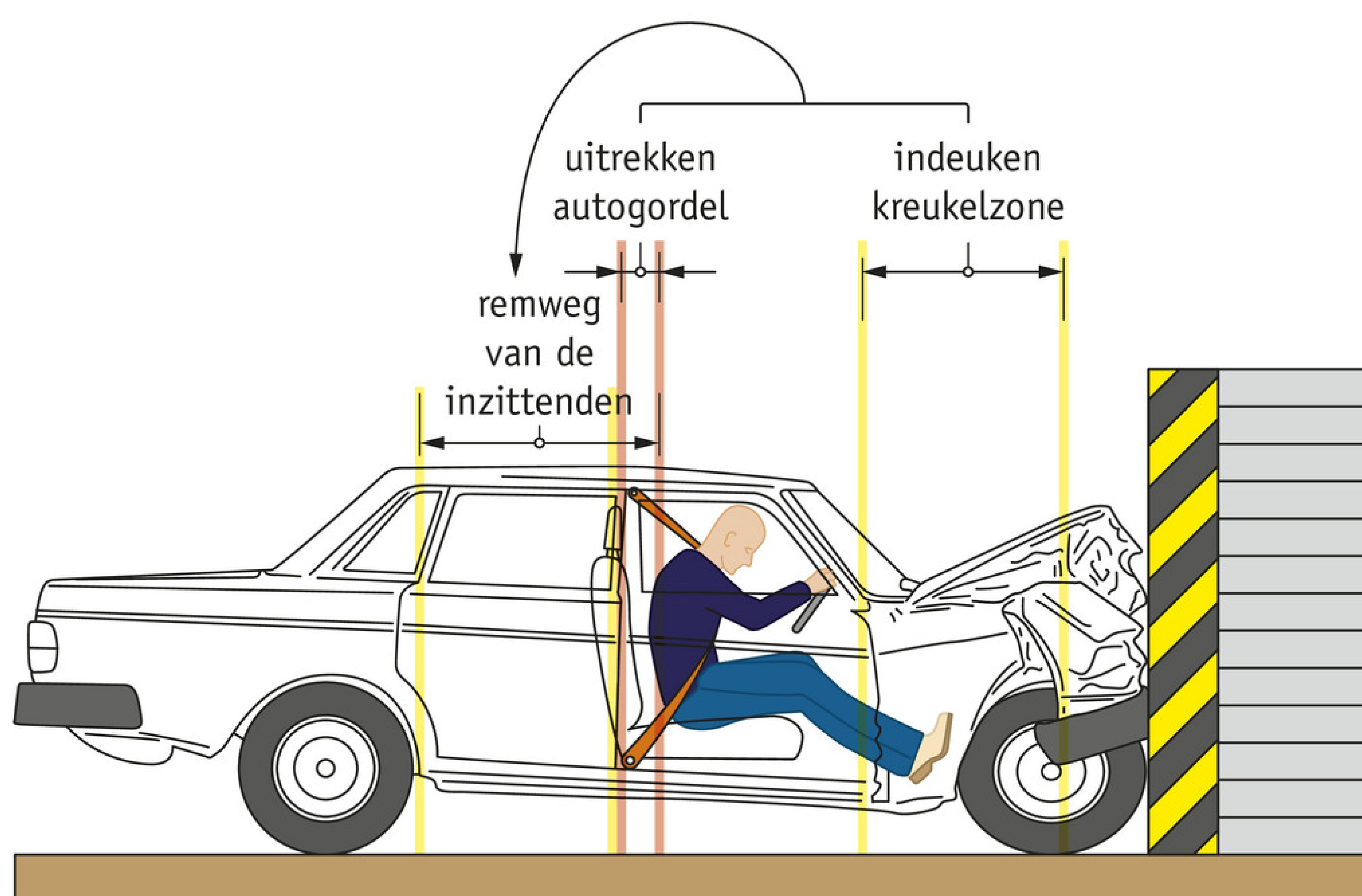
Hoe voorzichtig mensen ook zijn in het verkeer, ongelukken zijn nooit volledig te voorkomen. Autofabrikanten doen veel onderzoek naar botsingen, om hun auto's zo veilig mogelijk te maken.

Als een auto normaal remt en langzaam tot stilstand komt, is de remweg lang. De krachten die de inzittenden afremmen, zijn dan niet groot. Die krachten kan een persoon gemakkelijk opvangen.

Bij een botsing is de 'remweg' heel kort. Daardoor zijn de krachten op de auto en inzittenden erg groot. De inzittenden kunnen zulke grote krachten niet zomaar opvangen. Autofabrikanten doen daarom hun best om de 'remweg' voor de inzittenden zo lang mogelijk te maken.

Een auto wordt daarom verdeeld in drie delen. Het middendeel van de auto waarin de mensen zitten, wordt zo stevig mogelijk gemaakt. Voor dit deel wordt een **kooiconstructie** gebruikt die moeilijk kan worden vervormd. Deze constructie vormt een beschermende 'schil' om de inzittenden heen.

De voor- en de achterkant van een auto worden juist zo gemaakt dat ze bij een botsing gemakkelijk in elkaar gedrukt kunnen worden. Door deze **kreukelzones** wordt de 'remweg' van de inzittenden langer en zijn de afremmende krachten minder groot (afbeelding 4).



afbeelding 4 Een botsproef.

VEILIGHEIDSGORDELS EN AIRBAGS

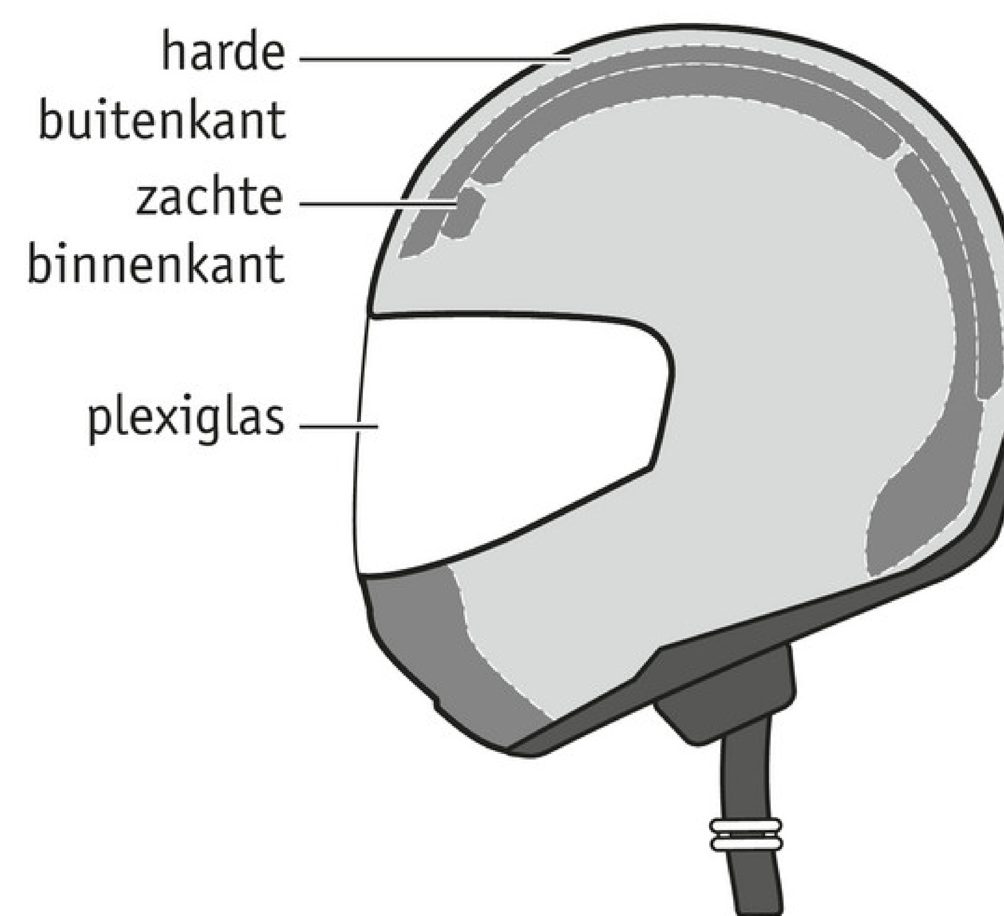
Het is niet voldoende dat de afremmende 'botskrachten' zo klein mogelijk worden gehouden. De krachten moeten ook zo gelijkmatig mogelijk over het lichaam worden verdeeld.

Veiligheidsgordels hebben daarom een brede band. Zo'n gordel zorgt er niet alleen voor dat de inzittenden samen met de auto worden afgeremd en niet tegen de voorruit slaan. De gordel verdeelt de afremmende krachten ook over een groot oppervlak, zodat de kans op verwondingen afneemt. Hetzelfde zie je bij de banden van een kinderzitje (afbeelding 5).

Moderne auto's zijn voorzien van **airbags** die bij een botsing automatisch worden opgeblazen. Zo'n airbag heeft dezelfde functie als een veiligheidsgordel. Hij moet de inzittenden zo geleidelijk mogelijk afremmen en de afremmende krachten zo goed mogelijk over het lichaam verdelen. Een airbag is daar erg geschikt voor, omdat hij meegeeft én een groot oppervlak heeft.



afbeelding 5 Een kinderzitje met brede banden voor optimale veiligheid.



afbeelding 6 Een veiligheidshelm in doorsnede.

DE VEILIGHEIDSHELM

Als je op een scooter of een motor rijdt, moet je een veiligheidshelm dragen. In afbeelding 6 is zo'n helm getekend. De buitenkant van de helm is gemaakt van een hard en sterk materiaal. Door deze harde buitenkant worden krachten op de helm over het hele hoofd verdeeld. Daardoor heeft een harde klap op je hoofd minder effect.
De binnenkant van de helm is gemaakt van een zacht, schokdempend materiaal. Dit materiaal heeft dezelfde functie als de kreukelzone van een auto: het verlengt de 'remweg' en vermindert daardoor de botskracht.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Vul in.

a Het is belangrijk om als automobilist een veilige .... te kiezen.

b Het is ook belangrijk om genoeg .... te houden tot je voorligger.

c Een auto remt minder goed als de .... of de .... versleten zijn.

2 Onder slechte omstandigheden is de remweg van een auto veel langer dan normaal.
Geef drie voorbeelden van zulke slechte omstandigheden.

....

....

....

....

3 Welk deel van een auto:

a kan bij een botsing gemakkelijk in elkaar worden gedrukt?

....

b is zo stevig dat het bij een botsing nauwelijks vervormt?

....

TOEPASSING

4 In veel verkeerssituaties is het van belang dat een auto binnen een bepaalde afstand tot stilstand komt. Hoe korter de stopafstand, des te kleiner is de kans op een ongeluk.
Hierna staan zeven omstandigheden die de stopafstand groter maken.

1 De bestuurder is afgeleid door ruziënde kinderen op de achterbank.
2 De auto is zwaarbeladen met passagiers en vakantiespullen.
3 De remmen van de auto zijn niet goed afgesteld.
4 De weg is glad doordat het heeft gesneeuwd.
5 De bestuurder heeft vier glazen bier op.
6 De banden van de auto zijn aan vervanging toe.
7 De bestuurder rijdt veel te snel.

a Welke omstandigheid maakt zowel de reactie-afstand als de remweg langer? ....

b Welke omstandigheden maken alleen de reactie-afstand langer? ....

c Welke omstandigheden maken alleen de remweg langer? ....

5 In kinderspeeltuinen tref je onder klimrekken vaak rubbertegels aan. Een kind komt dan bij een val minder hard terecht.
Waarom komt de klap bij een val op een rubbertegel minder hard aan dan op een stenen tegel?

....

....

....

....

★ 6

Onvoldoende afstand houden in het verkeer is levensgevaarlijk. De campagne '2 seconden afstand houden' wil daar iets tegen doen (afbeelding 7).

a Hoe kun je een veilige afstand met de tweesecondenregel bepalen?

....

....

....

....

b Bereken hoe groot de veilige afstand op zijn minst is, als je 100 km/h rijdt.

....

....

....

....

....

....

c In tabel 1 zie je een aantal waarden voor de remweg en de stopafstand.
Hoe groot is de stopafstand bij een snelheid van 100 km/h?

....

d Johan zegt: "De veilige afstand die je bij opdracht a hebt berekend, kan dus nooit goed zijn. De veilige afstand moet groter zijn dan de stopafstand."
Wat ziet Johan over het hoofd?

....

....

....

....

....

....

e Laat met een berekening zien dat je (normaal gesproken) niet op een voorganger botst, als je de veilige afstand aanhoudt.

....

....

....

....

....

f Laat met een berekening zien van welke reactietijd in tabel 1 is uitgegaan.

....

....

....

....

....

....

....

afbeelding 7 Door voldoende afstand te houden kun je ongelukken voorkomen.

Over de campagne '2 seconden afstand houden'

De laatste jaren was onvoldoende afstand houden de oorzaak van ongeveer een derde van de verkeersongevallen en verkeersslachtoffers in Oost-Nederland. Vooral op kruisingen en bij verkeerslichten waren er veel kop-staartbotsingen. Maar welke afstand is voldoende? Dat is afhankelijk van de rijsnelheid. Bij een snelheid van 80 km/h is dat circa 44 meter en bij 50 km/u circa 28 meter. Bij voldoende afstand passeert een auto een bepaald punt (bijvoorbeeld een lantaarnpaal) minstens twee tellen na het voertuig ervoor.

tabel 1 De remweg en de stopafstand bij verschillende snelheden.

snelheid (km/h)	remweg (m)	stopafstand (m)
80	31	64
90	39	77
100	48	90
110	58	104
120	69	119

7 Met een testauto wordt een botsproef gedaan. De auto rijdt daarbij met een snelheid van 72 km/h tegen een betonnen muur. In de auto is een pop van 75 kg met een veiligheidsgordel vastgemaakt.
Tijdens de botsing wordt de pop sterk afgeremd. Hoe korter de afstand die de pop tijdens de botsing aflegt, hoe groter de kracht die op de pop werkt (afbeelding 8).

a Tijdens de botsing legt de pop een afstand af van 0,60 m.
Lees af hoe groot de (gemiddelde) kracht op de pop is.

De kracht op de pop is ....

b Bereken de (gemiddelde) remvertraging van de pop.

....

....

....

....

....

....

....

c Dat de pop tijdens de botsing een afstand van 0,60 m aflegt, komt deels door de kreukelzone (50 cm) en deels door het uitrekken van de veiligheidsgordel (10 cm).
Lees af hoe groot de kracht op de pop zou zijn, als de veiligheidsgordel niet zou uitrekken.

De kracht op de pop is ....

d Na een noodstop moet je de veiligheidsgordels van een auto vervangen, ook al zie je er niets aan.
Leg uit waarom dat nodig is.

....

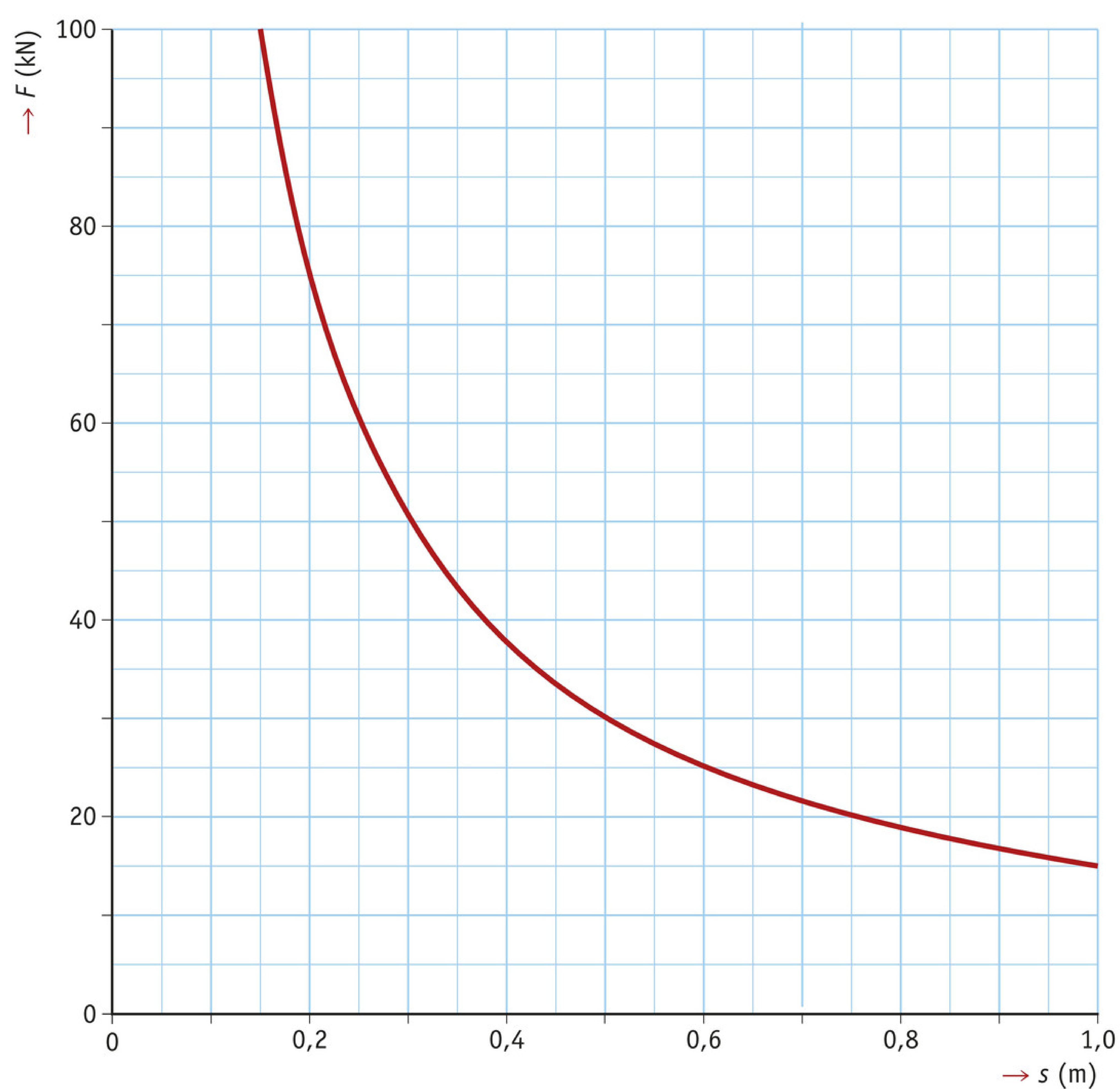
....

....

....

....

....



afbeelding 8 Het verband tussen de 'remweg' bij een botsing en de kracht op de testpop.

Werken als dierenartsassistent — beroep



"Het kon eigenlijk niet anders dan dat ik binnen mijn beroep iets met dieren zou gaan doen," zegt Waldemar (32). "Thuis hebben we altijd honden en katten gehad. Ik speelde altijd graag met de honden. De katten waren meer eigengereid." Nadat Waldemar zijn vmbo TL-diploma had gehaald, wist hij meteen dat hij dierenartsassistent wilde worden. De mbo 4-opleiding Dierenartsassistent paraveterinair heeft hij dan ook zonder problemen gevolgd.

Waldemar werkt nu in een praktijk voor gezelschapsdieren. Hij is aanwezig bij consulten en helpt mee bij operaties. Toch vond hij dit niet avontuurlijk genoeg en solliciteerde bij de dierenambulance. "Daar werd ik meteen aangenomen als chauffeur van de dierenambulance. Dit werk doe ik nu één dag in de week als vrijwilliger."

8 Lees de tekst 'Werken als dierenartsassistent'.
Honden worden vaak los vervoerd in een auto. Bij een botsing vliegt een hond dan door de auto naar voren.

a Leg uit of de hond dan óf eenparig óf versneld óf vertraagd beweegt.

....

....

....

....

b Dat de hond door de auto naar voren vliegt, is niet alleen gevaarlijk voor de hond zelf, maar ook voor de inzittenden voor in de auto.
Leg uit waarom.

....

....

....

c Om de hond en de inzittenden te beschermen, zijn er speciale veiligheidsgordels voor honden ontwikkeld (afbeelding 9).
Wat doet een veiligheidsgordel?

○ A De veiligheidsgordel vergroot de kracht.
○ B De veiligheidsgordel vergroot de remweg.
○ C De veiligheidsgordel verkleint de botstijd.

d Het is ook mogelijk de hond in een ‘bench’ (kooi) in de bagageruimte te vervoeren (afbeelding 10). De bench moet dan strak tegen de achterbank vastgezet zijn. Bij een botsing komt de hond dan met zijn zijkant tegen de brede kant van de bench. Waarom is bij een botsing een bench ook veilig voor de hond?
- ○ A De druk op de hond is dan klein.
- ○ B De kracht op de hond is dan klein.
- ○ C De vertraging van de hond is dan klein.



afbeelding 9 Een hond in een speciale veiligheidsgordel voor honden.



afbeelding 10 Een hond in een bench in de bagageruimte.

9

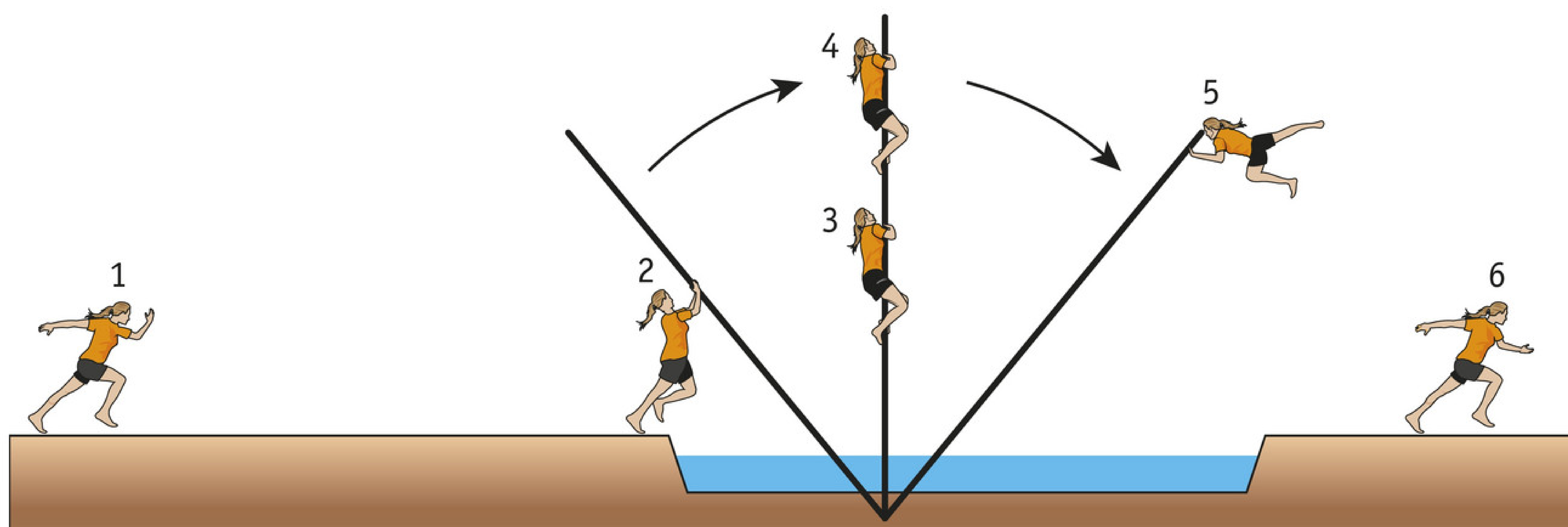
Fierljeppen is een Friese volkssport. Het doel is om met een polsstok zo ver mogelijk (over water) te springen (afbeelding 11). Bij de aanloop (1) rent de springer naar haar polsstok. Zij springt in de polsstok (2) en klimt (van 3 naar 4) omhoog. Na de afsprong (van 5 naar 6) landt de springer op de grond. De springer buigt daarbij door haar knieën.

a Wat is juist over de remtijd mét doorbuigen?
De remtijd mét doorbuigen is
- ○ A even groot als de remtijd zonder doorbuigen.
- ○ B groter dan de remtijd zonder doorbuigen.
- ○ C kleiner dan de remtijd zonder doorbuigen.

b Wat is juist over de remkracht mét doorbuigen?
De remkracht mét doorbuigen is
- ○ A even groot als de remkracht zonder doorbuigen.
- ○ B groter dan de remkracht zonder doorbuigen.
- ○ C kleiner dan de remkracht zonder doorbuigen.

c Met welke veiligheidsvoorziening in een auto komt de functie van de knieën bij het landen overeen?
- ○ A met de hoofdsteun
- ○ B met de kooiconstructie
- ○ C met de kreukelzone

naar: examen 2018-II



afbeelding 11 Een sprong bij het fierljeppen.



Test je kennis met de *Test jezelf*.

4 Kracht en arbeid

LEERDOELEN

16.4.1 Je kunt berekeningen uitvoeren met arbeid, kracht en afstand.
16.4.2 Je kunt uitleggen waarom 1 Nm arbeid op hetzelfde neerkomt als 1 J arbeid.
16.4.3 Je kunt berekeningen uitvoeren in situaties waarin de zwaarte-energie op het hoogste punt gelijk is aan de bewegingsenergie op het laagste punt.

TAXONOMIE	LEERDOELEN EN OPDRACHTEN					
	16.4.1	16.4.2	16.4.3	11.5.4*	15.2.2*	16.2.3*
Onthouden	1, 2bc, 3a	2de	3bc	2a		
Begrijpen			5c, 9e	4ab		
Toepassen	6abc, 7abc, 8b		5a, 9ab		9c	8a
Analyseren			5b, 9d			

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

Een goederentrein bestaat uit een elektrische locomotief met daarachter een lange rij wagons. Waar zou het energieverbruik van zo'n locomotief van afhangen?

ARBEID

Om voorwerpen op aarde in beweging te brengen en te houden, is energie nodig. Dat kan chemische energie zijn (zoals bij een auto die op benzine of diesel rijdt), maar ook elektrische energie (zoals bij veel treinen) of zwaarte-energie (zoals bij een skiër die een berg afdaalt).

De hoeveelheid energie die voor een beweging nodig is, hangt af van de afstand. Denk bijvoorbeeld aan een elektrische locomotief die een trein met dertig wagons vooruit trekt (afbeelding 1). De locomotief verbruikt bij het afleggen van een afstand van 500 km twee keer zo veel energie als bij een afstand van 250 km.

De hoeveelheid energie hangt ook af van de benodigde trekkracht. Als de trein niet uit dertig maar uit zestig wagons bestaat, is de benodigde trekkracht twee keer zo groot. De spoorwegen kunnen nu twee locomotieven voor de trein zetten. Als elke locomotief genoeg trekkracht levert om dertig wagons vooruit te trekken, is de totale trekkracht groot genoeg. Het gevolg is natuurlijk wel dat het energieverbruik verdubbelt.



afbeelding 1 Een goederentrein met een elektrische locomotief.

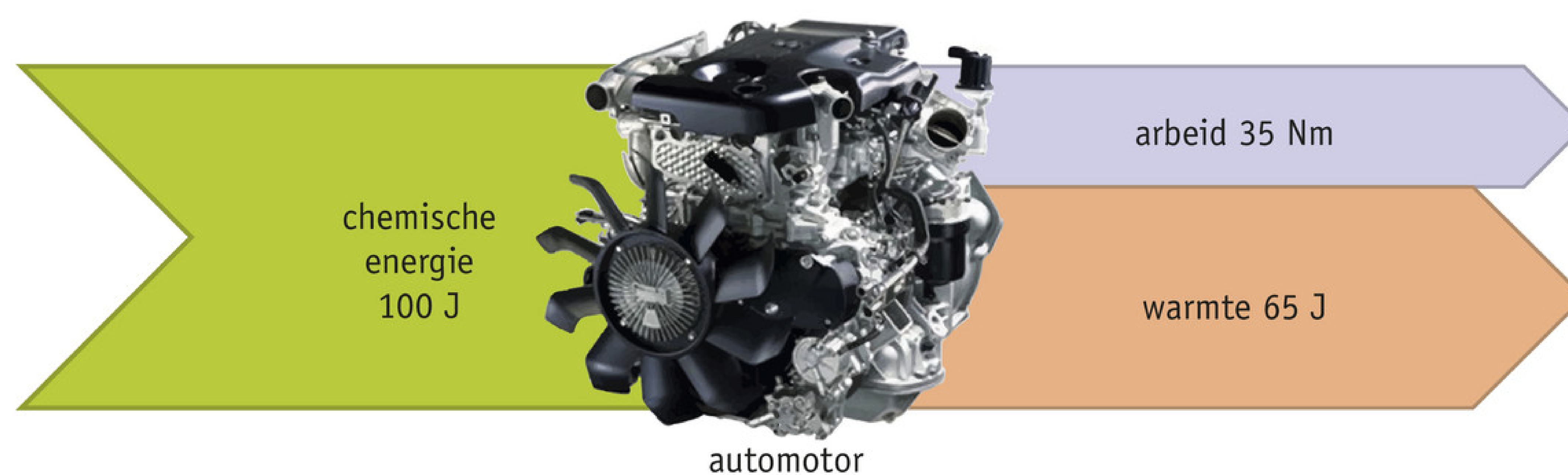
Je zegt dat het energieverbruik van de locomotief afhangt van de **arbeid** die hij verricht. Om de arbeid te berekenen, gebruik je de formule:

$W = F \cdot s$

In deze formule is:
- W de verrichte arbeid in newtonmeter (Nm);
- F de trekkracht of duwkracht in newton (N);
- s de afgelegde afstand in meter (m).

NEWTONMETER EN JOULE

In afbeelding 2 zie je het energie-stroomdiagram van een automotor. Van de chemische energie die de motor opneemt, wordt een derde gebruikt om arbeid te verrichten. De rest van de toegevoerde energie gaat verloren als afvalwarmte. De motor moet worden gekoeld om die afvalwarmte kwijt te raken.



afbeelding 2 Het energie-stroomdiagram van een automotor.

De eenheden van arbeid en energie zijn zo gekozen dat 1 joule overeenkomt met 1 newtonmeter. In afbeelding 2 kun je zien wat dat betekent. Voor elke joule energie die nuttig wordt gebruikt (en niet als afvalwarmte verloren gaat), verricht de motor precies 1 Nm arbeid. Voor arbeid kun je daarom zowel de eenheid newtonmeter als de eenheid joule gebruiken.

TREKKEN EN HIJSEN

Je kunt de formule $W = F \cdot s$ gebruiken in situaties waarin een voorwerp vooruit getrokken of geduwd wordt. Denk bijvoorbeeld aan:
- een paard dat een huifkar vooruit trekt;
- een duwboot die een bak met zand opduwt;
- een takelauto die een auto met pech meesleept.

De kracht F is dan de geleverde trekkracht of duwkracht.

De formule $W = F \cdot s$ is ook van toepassing in situaties waarin je een voorwerp omhooghijst of tilt. Denk bijvoorbeeld aan:
- een gewichtheffer die een halter omhoogduwt;
- een verhuizer die een kast in een vrachtwagen tilt;
- een hijskraan die een container uit een schip hijst.

De kracht F is dan de geleverde hijskracht of tilkracht.

Als je een voorwerp omhooghijst, is de beweging eerst versneld (de hijskracht is dan groter dan de zwaartekracht). Daarna is de beweging een tijd lang eenparig (de hijskracht en de zwaartekracht zijn dan even groot). Tot slot beweegt het voorwerp nog even vertraagd (de hijskracht is dan kleiner dan de zwaartekracht).

Gemiddeld over de hele beweging is de hijskracht even groot als de zwaartekracht. Je gaat er dan wel van uit dat de wrijvingskrachten te verwaarlozen zijn.

VOORBEELDOPDRACHT 1

De mast van een windturbine bestaat uit zes mastdelen van elk 24 m hoog. Een hijskraan hijst een mastdeel van een windturbine (m = 60 ton) naar een hoogte van 72 m (afbeelding 3).
Bereken de arbeid die de hijskraan verricht.

gegevens $m = 60$ ton $= 6{,}0 \cdot 10^4$ kg
$g = 10$ N/kg
$s = 45$ m

gevraagd $W = ?$ Nm

uitwerking De hijskracht F is (gemiddeld) even groot als de zwaartekracht:
$F = F_z = m \cdot g$
$F = 6{,}0 \cdot 10^4 \times 10$
$F = 6{,}0 \cdot 10^5$ N

$W = F \cdot s$
$W = 6{,}0 \cdot 10^5 \times 72$
$W = 43{,}2 \cdot 10^6$ Nm

Je kunt ook schrijven: $W = 43{,}2 \cdot 10^6$ J = 43,2 MJ. Dat komt op hetzelfde neer.



afbeelding 3 Een hijskraan zet een mastdeel van een windturbine op zijn plaats.

ZWAARTE-ENERGIE EN BEWEGINGSENERGIE

Er zijn allerlei bewegingen waarbij je gebruikmaakt van zwaarte-energie en bewegingsenergie. Denk bijvoorbeeld aan een skiër die een steile heuvel afdaalt. Als hij helemaal bovenaan de helling staat, heeft hij alleen zwaarte-energie. Je kunt de hoeveelheid zwaarte-energie berekenen met de formule:

$E_z = m \cdot g \cdot h$

De skiër zet zich af en begint te bewegen, de helling af. Zijn zwaarte-energie wordt nu omgezet in bewegingsenergie. Je kunt die bewegingsenergie berekenen met de formule:

$E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$

Behalve bewegingsenergie ontstaat er ook warmte, door de luchtweerstand en door de wrijving tussen de ski's en de sneeuw. Daardoor is de bewegingsenergie onderaan de helling kleiner dan de zwaarte-energie bovenaan de helling. De rest van de zwaarte-energie is omgezet in warmte.

In veel situaties zijn de energieverliezen door wrijving te verwaarlozen. In dat geval geldt, als de snelheid op het hoogste punt 0 m/s is:

zwaarte-energie op het hoogste punt = bewegingsenergie op het laagste punt

VOORBEELDOPDRACHT 2

De wagentjes van een achtbaan worden naar het hoogste punt van de achtbaan gesleept, 48 m boven de grond. Daarna bewegen de wagentjes onder invloed van de zwaartekracht naar beneden (afbeelding 4).
Bereken met welke snelheid een wagentje (m = 250 kg, inclusief inzittenden) de begane grond bereikt. Ga ervan uit dat de energieverliezen door wrijving zijn te verwaarlozen.



afbeelding 4 In een achtbaan ga je van 48 m hoogte naar de begane grond.

gegevens m = 250 kg
g = 10 N/kg
h = 48 m

gevraagd v = ? km/h

uitwerking E_z (hoogste punt) = E_k (laagste punt)

$m \cdot g \cdot h = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$

$250 \times 10 \times 48 = 125 \times v^2$

$v^2 = \frac{120\,000}{125} = 960$

$v = \sqrt{960} = 31$ m/s = 112 km/h

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

LEERSTOF

1 Vul tabel 1 verder in.

tabel 1 Grootheden en eenheden.

grootheid	symbool	eenheid	symbool
afstand, hoogte	*s*, *h*	meter	m
arbeid			
energie			
kracht			
massa			
snelheid			

2 Vul in.

a Een motor kan maar een deel van de energie die hij ...., nuttig gebruiken.

b Je zegt dat dit deel van de energie wordt gebruikt om .... te verrichten.

c Je kunt de .... (*W*) berekenen door de .... (*s*) en de geleverde .... (*F*) te vermenigvuldigen.

d Als je de .... invult in newton en de .... in meter, vind je de .... in newtonmeter (Nm).

e Je kunt voor de verrichte .... zowel de eenheid newtonmeter gebruiken als de eenheid ....

1 Nm = ... J

3 Noteer de formule waarmee je:

a de arbeid kunt berekenen.

....

b de bewegingsenergie kunt berekenen.

....

c de zwaarte-energie kunt berekenen.

....

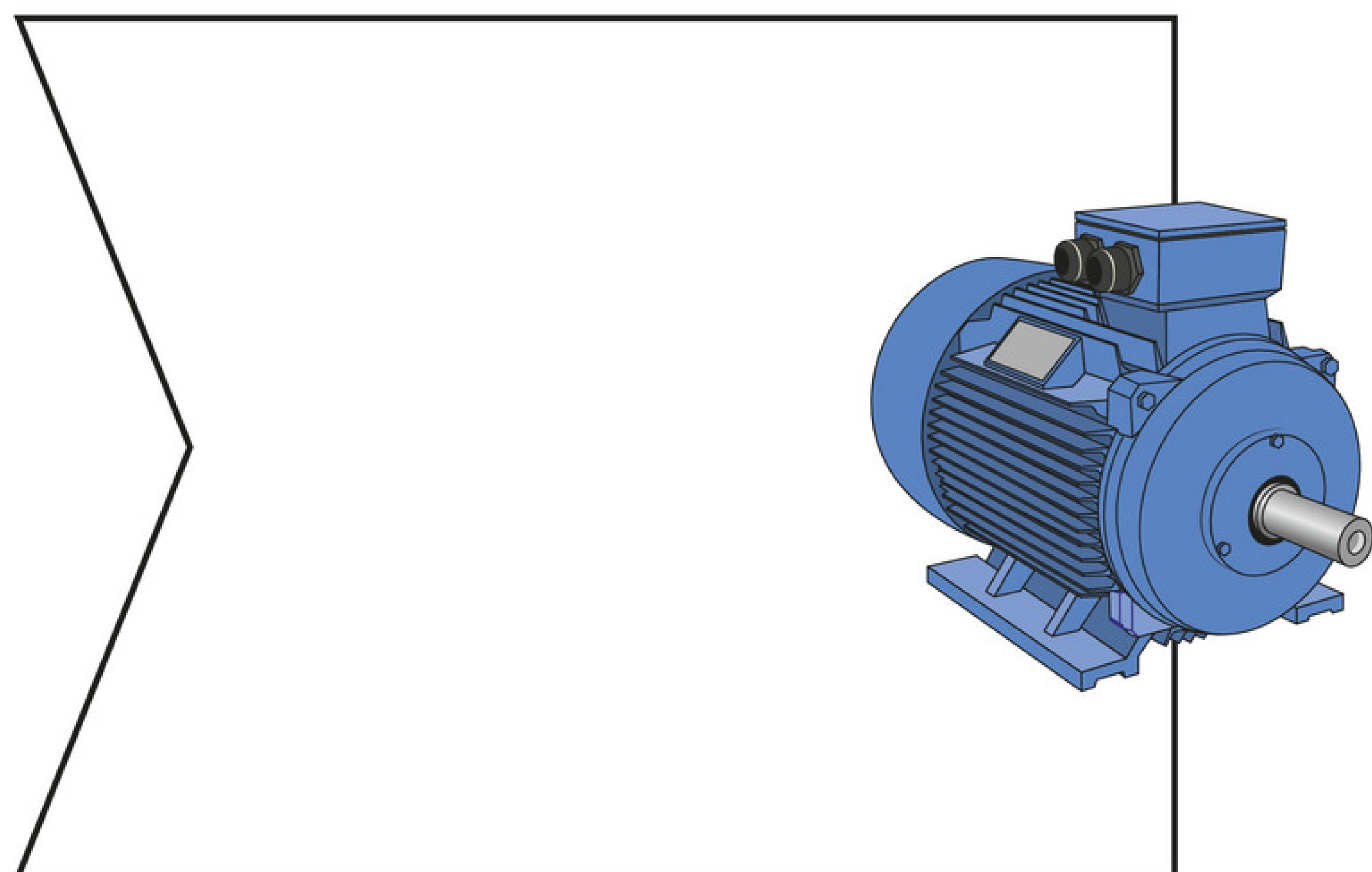
TOEPASSING

4  Een elektromotor en een mens hebben energie nodig om arbeid te verrichten. In een energie-stroomdiagram kun je weergeven hoe ze die energie benutten (afbeelding 5).

a Maak het energie-stroomdiagram af:
- van de elektromotor in afbeelding 5a (η = 60%);
- van de wielrenner in afbeelding 5b (η = 25%).

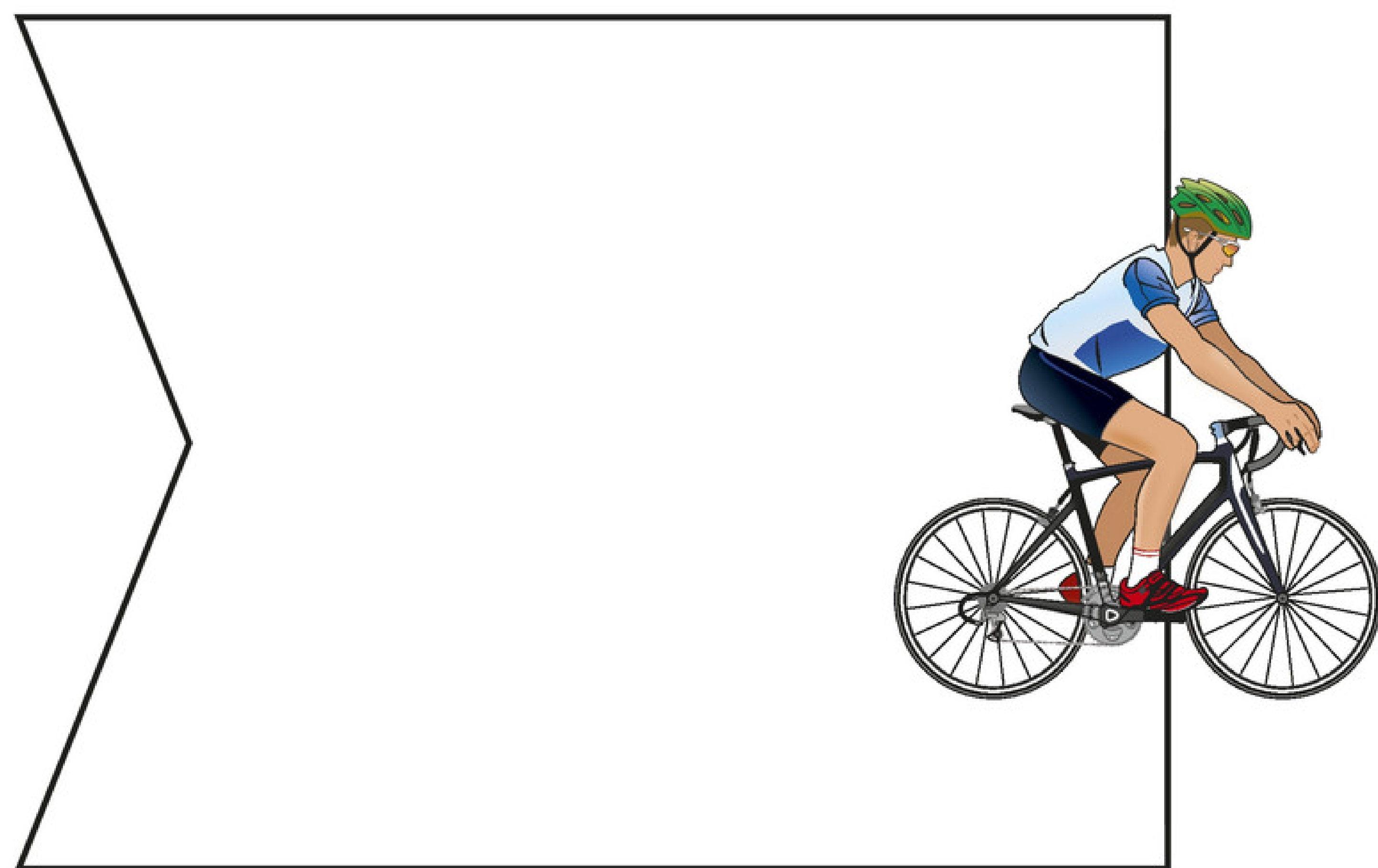
b Noteer in elke pijl wat deze voorstelt (bijvoorbeeld: ‘arbeid’ of ‘chemische energie’).

afbeelding 5 Twee energie-omzetters.



elektromotor
rendement = 60%

ⓐ



menselijk lichaam
rendement = 25%

ⓑ

5  Zie de vaardigheid *Werken met formules (in één stap)*.
Roy glijdt op een slee van een 20 m hoge heuvel naar beneden. De massa van de slee en Roy samen is 72 kg.

a Bereken de zwaarte-energie van Roy en de slee samen, als ze zich boven op de heuvel bevinden.

....

....

....

....

....

b Bereken met welke snelheid Roy en de slee onderaan de heuvel aankomen. Ga ervan uit dat de energieverliezen door wrijving zijn te verwaarlozen.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

c In werkelijkheid bewegen Roy en zijn slee niet zo snel, als ze onderaan de heuvel komen. De zwaarte-energie (bovenaan de heuvel) wordt niet volledig omgezet in bewegingsenergie (onderaan de heuvel).
In welke vorm van energie is de ‘verdwenen’ zwaarte-energie omgezet?

....

....

....

6  Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.
Bereken de arbeid die in de volgende situaties wordt verricht.

a Een speelgoedlocomotief trekt vijf wagons één keer een modelbaan rond. De trekkracht is 0,1 N, de afstand 4,6 m.

....

....

....

....

b Twee paarden trekken een wagen met hooi naar de boerderij. Hun (gezamenlijke) trekkracht is 1300 N, de afstand 1,2 km.

....

....

....

....

c Een diesellocomotief trekt een goederentrein van Amsterdam naar Arnhem. De kracht is 150 kN, de afstand 100 km.

....

....

....

....

7 Bereken de arbeid die in de volgende situaties wordt verricht.

a Jonathan raapt een luciferdoosje van de grond en legt het op tafel. De massa van het doosje is 10 g, de tafel is 78 cm hoog.

....

....

....

....

....

....

....

b Momo zet haar fiets op de fietsendrager van haar auto. De massa van de fiets is 26 kg, de fietsendrager bevindt zich 45 cm boven de grond.

....

....

....

....

....

....

c Een torenkraan hijst een vloerelement van beton naar een hoogte van 70 m. De massa van het vloerelement is 1350 kg.

....

....

....

....

....

....

★ 8

Marja fietst samen met haar vriendin langs een winkelcentrum (afbeelding 6). Ze fietsen met een constante snelheid van 4,8 m/s. Marja heeft samen met de fiets een massa van 87,5 kg.
Voor een verkeerslicht remt Marja af en komt in een tijd van 2,3 s tot stilstand. De remkracht is 184 N.



afbeelding 6 Op de fiets boodschappen doen.

a Bereken de vertraging.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

b Bereken de verrichte arbeid tijdens het remmen.

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

naar: examen 2021-II

9  Suzanne voert een demonstratieproef uit. Aan een stellage hangt een zitje van een schommel. Suzanne pakt het zitje en doet een paar stappen achteruit. Wat er daarna gebeurt, zie je in afbeelding 7.

afbeelding 7 De demonstratieproef van Suzanne.



a Suzanne brengt het zitje tegen haar kin aan en laat dan het zitje los.



b Het zitje zwaait naar de andere kant van de stellage.



c Het zitje komt terug en raakt de kin van Suzanne nét niet.

a Het zitje heeft een massa van 1,5 kg. Bij het tegen de kin aanbrengen van het zitje neemt de zwaarte-energie van het zitje toe met 9 J.
Bereken de toename van de hoogte van het zitje bij het optillen.

....

....

....

....

....

....

....

....

b Na het loslaten wordt de zwaarte-energie van het zitje omgezet in bewegingsenergie.
Bereken de maximale snelheid van het zitje.

....

....

....

....

....

....

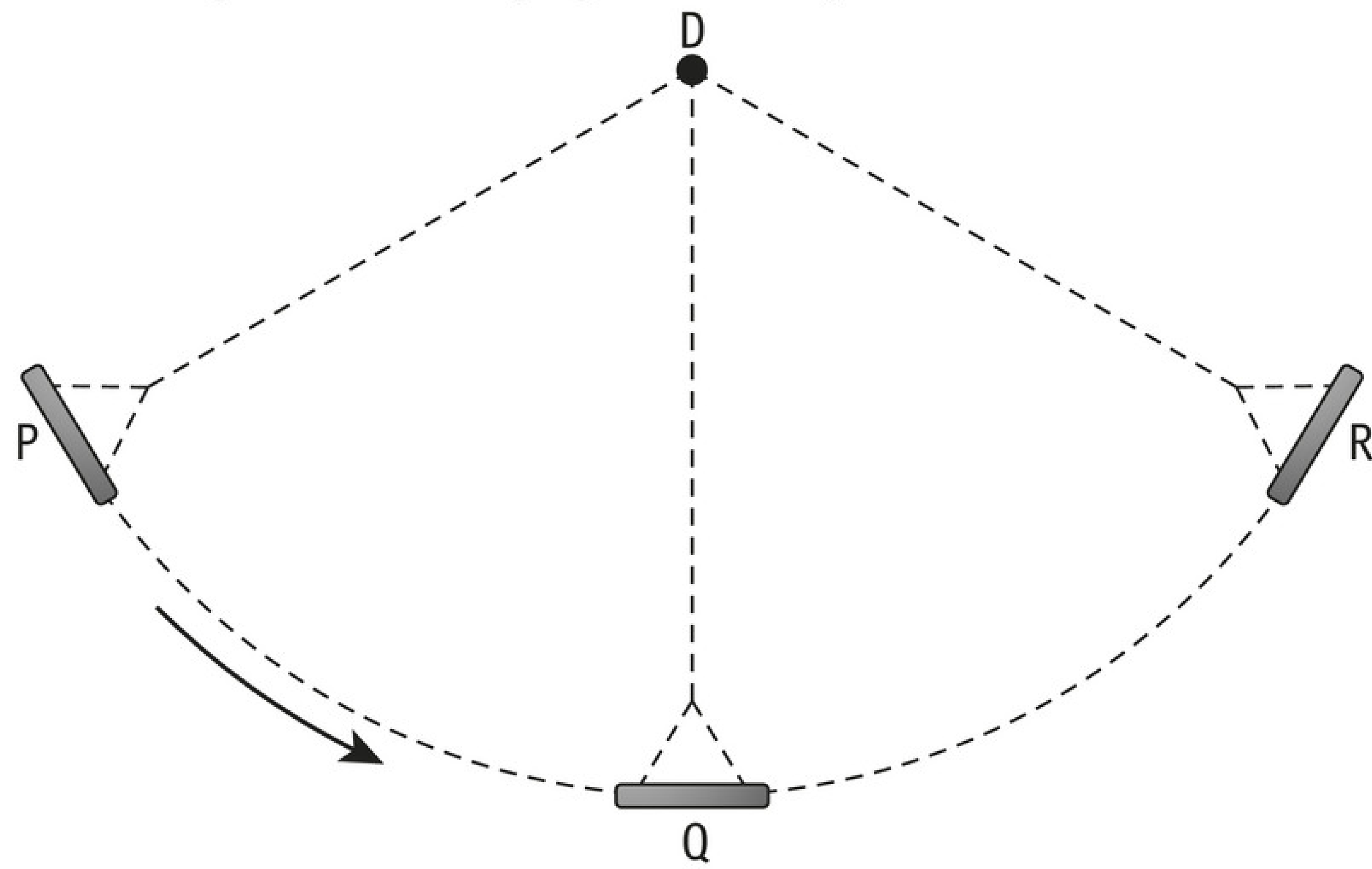
....

....

....

c In afbeelding 8 is de beweging van het zitje getekend vanaf het loslaten bij P via Q naar R. Punt D is het draaipunt aan het schommelrek. In afbeelding 9 staan drie (*s*,*t*)-diagrammen in een tabel.
Zet in elke rij één kruisje in de kolom die hoort bij de beweging van het zitje tussen de drie posities.

afbeelding 8 De beweging van het zitje.



afbeelding 9 Hoe beweegt het zitje: van P naar Q en van Q naar R?

van P naar Q			
van Q naar R			

d Welke energiesoort(en) heeft het zitje in punt R?
- ○ A alleen bewegingsenergie
- ○ B alleen zwaarte-energie
- ○ C zowel bewegingsenergie als zwaarte-energie
- ○ D geen energie

e Na het loslaten van het zitje blijft Suzanne rustig staan. Bij het terugkomen raakt het zitje haar kin nét niet.
Wat is de naam van de kracht waardoor dit niet gebeurt?
- ○ A nettokracht
- ○ B spankracht
- ○ C wrijvingskracht
- ○ D zwaartekracht

naar: examen 2021-II

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

Practica

PROEF 1 VERSNELLING EN KRACHT

30 minuten

Inleiding

Het wagentje van een luchtkussenbaan zweeft op een kussen van lucht. Daardoor is de wrijving verwaarloosbaar klein. Je hoeft geen rekening te houden met wrijvingskrachten die de beweging tegenwerken: de nettokracht is even groot als de voortstuwende kracht.

Doel

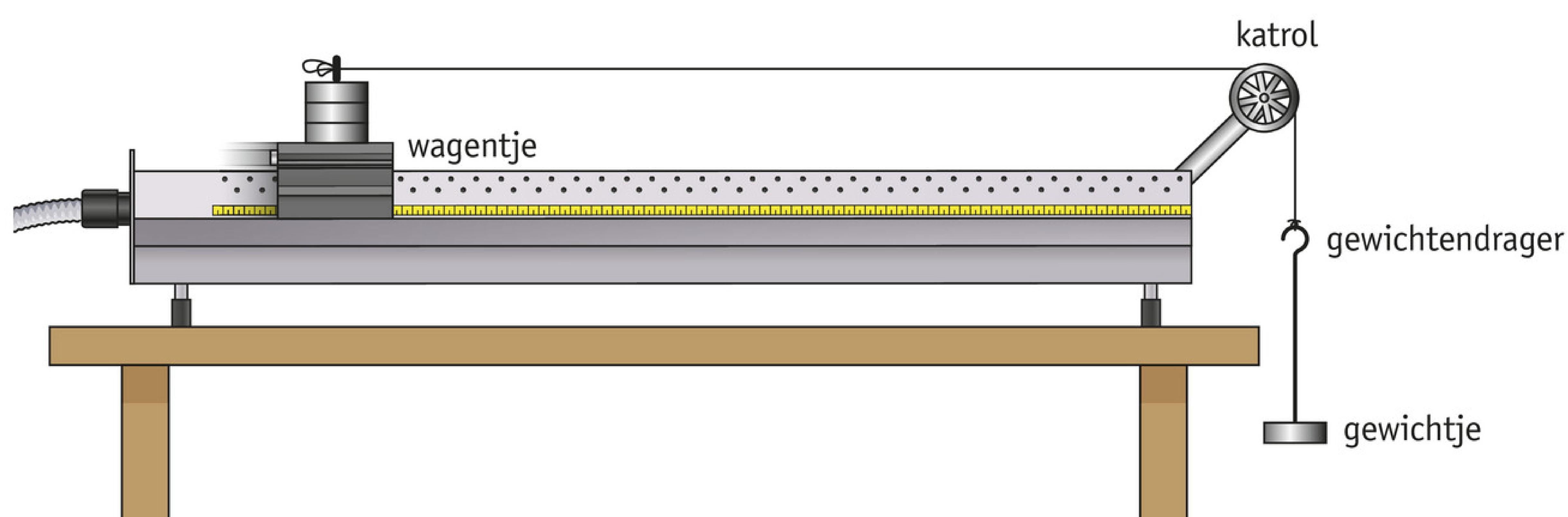
Je onderzoekt het verband tussen de (netto)kracht op het wagentje en de versnelling.

Nodig

- ☐ luchtkussenbaan
- ☐ wagentje
- ☐ gewichtendrager
- ☐ gewichtjes
- ☐ katrol
- ☐ touw (2,5 m)
- ☐ stopwatch / lichtpoort met elektronische timer

Uitvoeren

- Bouw de opstelling van afbeelding 1.



afbeelding 1 De opstelling van proef 1.

Meting 1

- Je leraar zal je vertellen hoeveel gewichtjes je op de gewichtendrager en op het wagentje moet leggen.

1 Noteer de massa van de gewichtendrager in tabel 1 (bij meting 1).

- Zet het wagentje op 2,0 m van het eindpunt. Dit is de startpositie.
- Meet de tijd die het wagentje nodig heeft om het einde van de luchtkussenbaan te bereiken.
- Herhaal deze meting twee keer.

2 Noteer de gemeten tijden hierna.

....

....

3 Bepaal de gemiddelde tijd en noteer die in tabel 1 (bij meting 1).

Meting 2

- Breng één gewichtje van het wagentje naar de gewichtendrager. De (totale) massa verandert niet, maar de voortstuwende kracht wel.

4 Noteer de massa van de gewichtendrager in tabel 1 (bij meting 2).

- Meet de tijd die het wagentje nodig heeft om van de startpositie naar het einde van de luchtkussenbaan te bewegen.
- Herhaal deze meting twee keer.

5 Noteer de gemeten tijden hierna.

....

....

....

6 Bepaal de gemiddelde tijd en noteer die in tabel 1 (bij meting 2).

Meting 3

- Breng nog een gewichtje van het wagentje naar de gewichtendrager.

7 Bepaal de massa van de gewichtendrager en noteer die in tabel 1 (bij meting 3).

8 Bepaal de tijd die het wagentje nodig heeft om van de startpositie naar het einde van de luchtkussenbaan te bewegen.
Noteer de uitkomst in tabel 1 (bij meting 3).

tabel 1 De meetresultaten van proef 1.

meting	m_{drager} (g)	F_z (N)	s (m)	t (s)	v_{gem} (m/s)	v_e (m/s)	a (m/s²)
1			2,0				
2			2,0				
3			2,0				

Uitwerken

9 Bereken de voortstuwende kracht bij elke meting met de formule: $F_z = m \cdot g$
Noteer de uitkomst in de derde kolom van tabel 1.

10 Bereken de gemiddelde snelheid bij elke meting met de formule: $v_{gem} = \frac{s}{t}$
Noteer de uitkomst in de zesde kolom van tabel 1.

11 De eindsnelheid v_e is twee keer zo groot als de gemiddelde snelheid.
Bereken de eindsnelheid voor elke meting.
Noteer de uitkomst in de zevende kolom van tabel 1.

12 Bereken de versnelling bij elke meting met de formule: $a = \frac{\Delta v}{t}$
Noteer de uitkomst in de achtste kolom van tabel 1.



13 Zie de vaardigheid *Verbanden meten*.
Bekijk je resultaten.
Wat kun je zeggen over het verband tussen de (netto)kracht en de versnelling?

- ○ A Het verband is evenredig.
- ○ B Het verband is lineair.
- ○ C Het verband is kwadratisch.
- ○ D Het verband is omgekeerd evenredig.

14 Leg uit hoe je aan je antwoord op opdracht 13 bent gekomen.

....

....

....

....

PROEF 2 REMWEG EN MASSA



45 minuten

Inleiding

Net als een auto heeft ook een fiets een remweg. De lengte van die remweg hangt af van verschillende omstandigheden. Eén van die omstandigheden is de massa van de fiets en de fietser.

Doel

Bij deze proef onderzoek je hoe de remweg verandert, als je iemand achterop meeneemt.

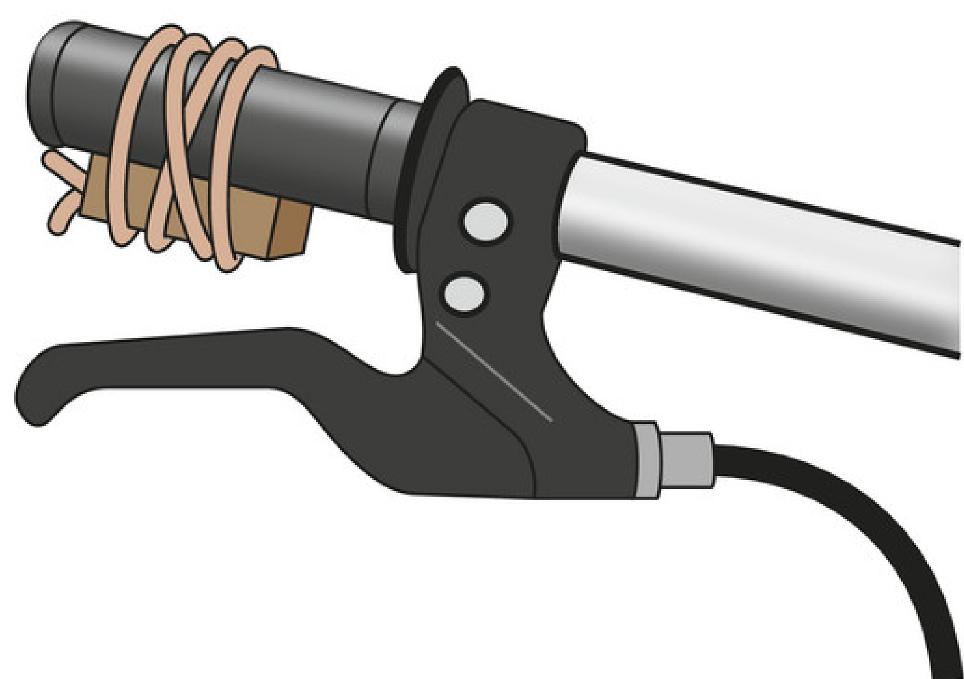
Nodig

- ☐ stopwatch
- ☐ meetlint
- ☐ fiets met handremmen
- ☐ 2 houten blokjes
- ☐ touw

Uitvoeren

Je voert deze proef uit met z'n vieren. Leerling 1 fietst, leerling 2 neemt de tijd op, leerling 3 meet de remweg en leerling 4 is passagier. Wissel tijdens de proef regelmatig van rol.

- Maak de blokjes vast aan het stuur zoals in afbeelding 2 is getekend.
- Zet op een stille weg een traject uit van 10 m. Geef het begin- en eindpunt duidelijk aan.



afbeelding 2 Zo kun je steeds met dezelfde kracht remmen.

- Leerling 1 rijdt met een constante snelheid over het traject van 10 m. Meteen na het eindpunt remt hij of zij af tot de fiets stilstaat.
- Leerling 2 meet de tijd waarin leerling 1 de 10 m aflegt.
- Leerling 3 meet hoe lang de remweg is.
- Leerling 4 rijdt drie van de zes keren mee als passagier op de bagagedrager van de fiets.

- Je voert deze proef zes keer uit:
  1 langzaam rijdend, zonder passagier;
  2 langzaam rijdend, met passagier;
  3 gewoon rijdend, zonder passagier;
  4 gewoon rijdend, met passagier;
  5 snel rijdend, zonder passagier;
  6 snel rijdend, met passagier.

1 Noteer je meetresultaten in tabel 2.

tabel 2 De gegevens van zes keer remmen.

meting	tijd (s)	snelheid (m/s)	remweg (m)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Uitwerken

2 Bereken hoe groot de beginsnelheid bij elke proef was.
Noteer de uitkomsten in de derde kolom van tabel 2.

3 Teken in afbeelding 3:

a met blauw een grafiek van proef 1, 3 en 5 (zonder passagier);

b met rood een grafiek van proef 2, 4 en 6 (met passagier).

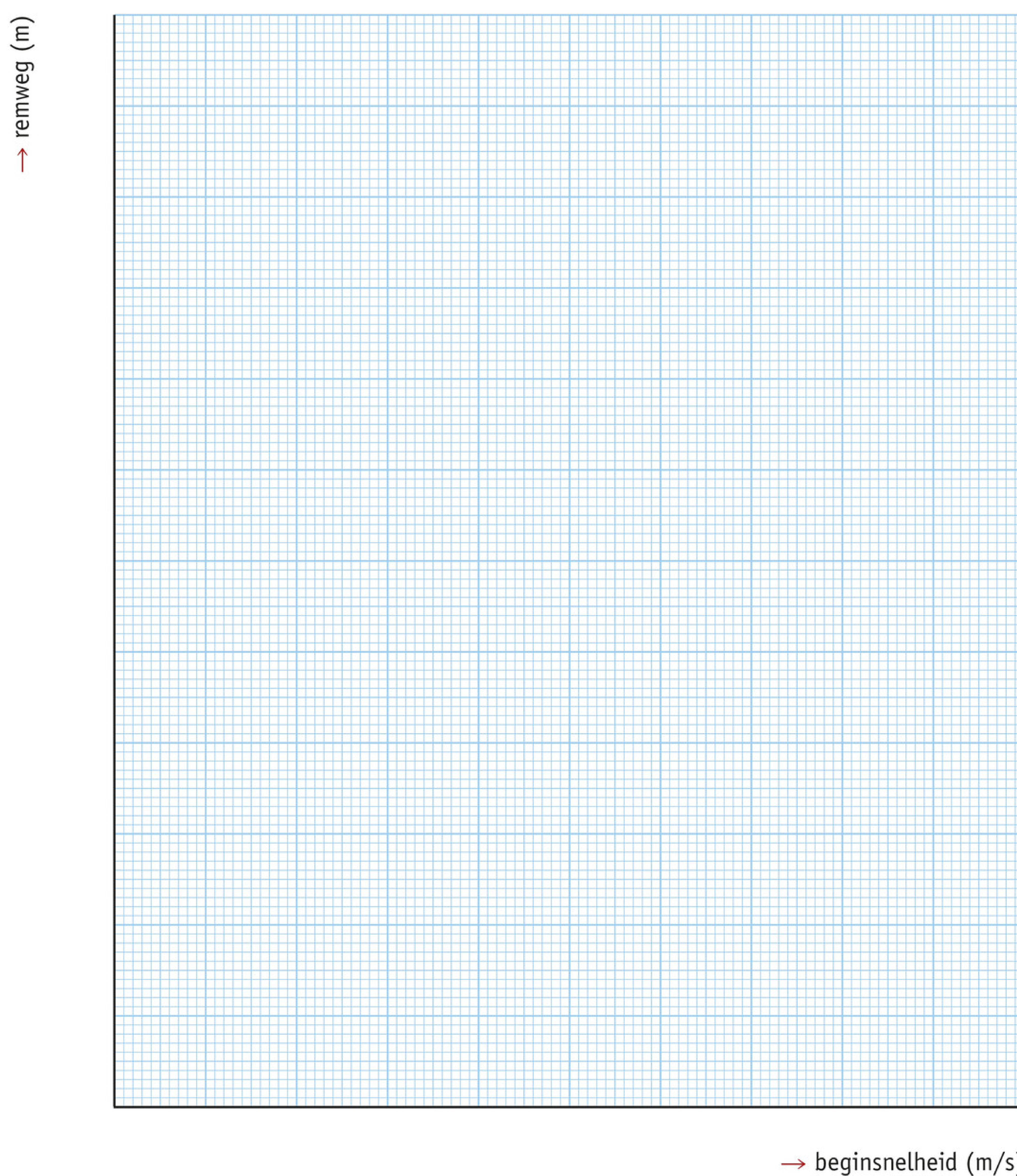
4 Lees uit de grafiek af hoe groot de remweg is:

a als je 18 km/h (5 m/s) fietst, zonder iemand mee te nemen;

....

b als je 18 km/h (5 m/s) fietst, met iemand achterop.

....



afbeelding 3 De remweg van een fiets: zonder passagier (blauw) en met passagier (rood).

5 Welke conclusie kun je uit deze proef trekken?

....

....

....

....

Je leraar zal je vertellen of je een verslag van deze proef moet maken.

De volgende twee proeven staan in de online leeromgeving. Je leraar beslist of deze proeven worden uitgevoerd.

PROEF 3 ONDERZOEK: ENERGIE OPSLAAN IN EEN VEER

45 minuten

Doel

Bij deze proef onderzoek je hoe je energie kunt opslaan in een veer. De onderzoeksvraag luidt:
Wat is het verband tussen de afstand waarover een autootje aan een veer wordt teruggetrokken en de afstand die het daarna kan rijden?

PROEF 4 ONDERZOEK: JE ARBEIDSVERMOGEN BEPALEN

45 minuten

Doel

Om een trap op te lopen, moet je arbeid verrichten. De arbeid die je verricht, krijg je terug als zwaarte-energie. Het arbeidsvermogen is de hoeveelheid arbeid die je lichaam per seconde levert. Hoe sneller je de trap oploopt, des te groter is het geleverde vermogen. Als je de juiste grootheden meet, kun je daarna je eigen vermogen uitrekenen.
De onderzoeksvraag luidt:
Hoe groot is je vermogen als je zo snel mogelijk een trap oploopt?

Leerstofoverzicht

16.1 VOORTSTUWEN EN TEGENWERKEN

ONTHOUD

- Zo gauw een voertuig in beweging komt, zijn er krachten die de beweging tegenwerken. Twee van die krachten zijn luchtwrijving en rolwrijving.
- De luchtwrijving (luchtweerstand) ontstaat doordat het voertuig de lucht voor zich opzij moet duwen. Je kunt de luchtwrijving verminderen door het voertuig te stroomlijnen.
- De rolwrijving (rolweerstand) ontstaat doordat de banden en de ondergrond vervormen tijdens het rijden. Je kunt de rolwrijving verminderen door wegen een glad wegdek te geven en banden hard op te pompen.
- Hoe een voorwerp beweegt, hangt af van de nettokracht: de resultante van alle krachten die op een voorwerp werken.
  - Als de nettokracht in de bewegingsrichting werkt, beweegt het voorwerp versneld.
  - Als de nettokracht gelijk is aan 0 N, beweegt het voorwerp met constante snelheid.
  - Als de nettokracht tegen de bewegingsrichting in werkt, is de beweging vertraagd.
- Als de nettokracht van opzij komt, zal het voorwerp van richting veranderen.

BEGRIPPEN

aandrijfkracht
Andere naam voor voortstuwende kracht.

luchtwrijving
Tegenwerkende kracht die ontstaat doordat een bewegend voorwerp de lucht voor zich opzij moet duwen.

nettokracht
Kracht die overblijft als je alle krachten op een voorwerp samenstelt; de nettokracht wordt ook wel de resultante of de resulterende kracht genoemd.

resultante
Andere naam voor nettokracht.

rolwrijving
Tegenwerkende kracht die ontstaat doordat de banden van een voertuig en de ondergrond vervormen tijdens het rijden.

tegenwerkende kracht
Kracht die tegen de bewegingsrichting van een voorwerp inwerkt en de beweging tot stilstand probeert te brengen.

voortstuwende kracht
Kracht die een voorwerp in beweging brengt en er daarna voor zorgt dat het in beweging blijft (door de tegenwerkende krachten te compenseren).

wrijvingskracht
Kracht die ontstaat doordat voorwerpen tegen elkaar wrijven (zoals een remblok tegen een remschijf).

16.2 OPTREKKEN EN AFREMMEN

ONTHOUD

- Een voorwerp met een grote massa heeft ook een grote traagheid. Zo'n voorwerp komt niet alleen langzaam in beweging, maar is ook moeilijk af te remmen en van richting te veranderen. Er is een grote nettokracht voor nodig om de snelheid of de bewegingsrichting merkbaar te veranderen.
- Je kunt het verband tussen de nettokracht F, de massa m en de versnelling of vertraging a samenvatten in de formule: $F = m \cdot a$
- Als de nettokracht in de bewegingsrichting werkt, is a de versnelling (de snelheidstoename per seconde). Als de nettokracht tegen de bewegingsrichting in werkt, is a de vertraging (de snelheidsafname per seconde).
- Als de nettokracht F gelijk is aan 0 N, is a gelijk aan 0 m/s^2. Dat betekent dat de snelheid niet toeneemt of afneemt, maar een constante waarde heeft.

BEGRIPPEN

traagheid
Eigenschap van een voorwerp die aangeeft hoe moeilijk de snelheid of de bewegingsrichting te veranderen is.

16.3 VEILIGHEID IN HET VERKEER

ONTHOUD

- Een goede automobilist rijdt niet te snel. Bij het kiezen van een veilige snelheid spelen drie zaken een rol: het soort weg, het overige verkeer en eventuele bijzondere omstandigheden.
- Een goede automobilist houdt ook voldoende afstand. De tweesecondenregel kan daarbij helpen. Volgens die regel moeten er minstens twee seconden zitten tussen het moment dat je voorligger een punt langs de weg passeert en het moment dat jij dat doet.
- Bij een apk wordt onder andere gecontroleerd of de banden voldoende grip op de weg hebben en of de remmen in orde zijn. De remvertraging moet voor moderne auto's minstens 5,8 m/s^2 zijn.
- De kooiconstructie van een auto is moeilijk te vervormen. Ze vormt een beschermende 'schil' om de inzittenden heen. De voor- en achterkant van een auto vervormen juist heel gemakkelijk. Deze kreukelzones maken de 'remweg' langer en de afremmende krachten kleiner.
- Veiligheidsgordels en airbags voorkomen dat de inzittenden bij een botsing ongeremd naar voren schieten. Ze laten de inzittenden zo geleidelijk mogelijk afremmen. Ook verdelen ze de afremmende krachten zo goed mogelijk over het lichaam.

BEGRIPPEN

airbag
Opblaasbaar kussen dat bij een botsing snel wordt opgeblazen.

kooiconstructie
Deel van de constructie van een auto dat moeilijk te vervormen is, en zo de inzittenden beschermt.

kreukelzone
Deel van de constructie van een auto dat gemakkelijk vervormt bij een botsing, en zo de remweg langer maakt.

veiligheidsgordel
Brede band om het lichaam van de inzittenden van een auto; de gordel houdt je tegen tijdens een botsing en laat je samen met de auto afremmen.

16.4 KRACHT EN ARBEID

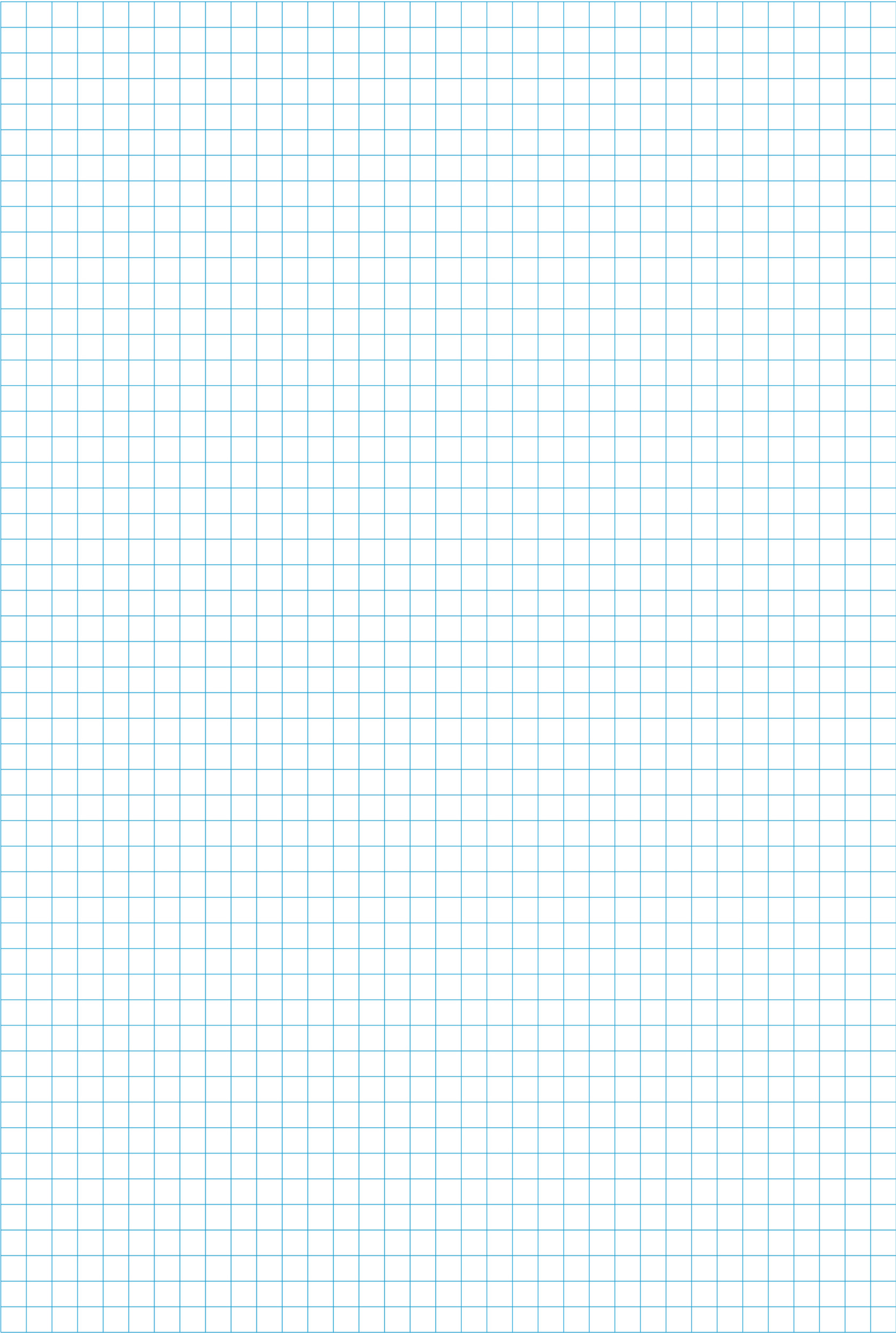
ONTHOUD

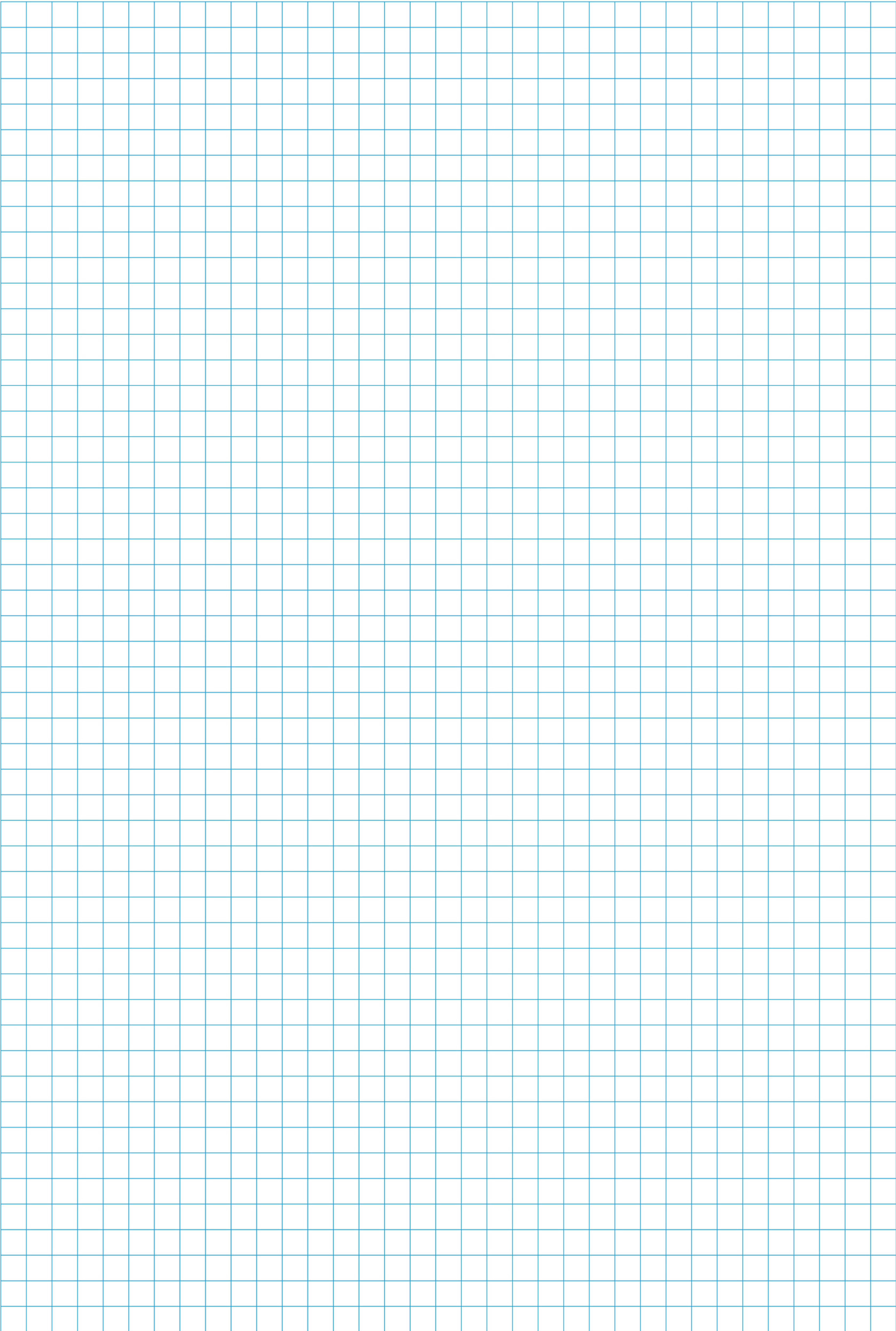
- Je kunt de arbeid die een mens, dier of machine verricht, berekenen met de formule $W = F \cdot s$. In deze formule is F de uitgeoefende trek-, duw- of hijskracht.
- De eenheden van arbeid en energie zijn zo gekozen dat 1 joule overeenkomt met 1 newtonmeter. Voor elke joule energie die nuttig wordt gebruikt (en niet als afvalwarmte verloren gaat), verricht een motor precies 1 Nm arbeid.
- Bij het ophijsen (of optillen) van een voorwerp is de hijskracht (of tilkracht) gemiddeld gelijk aan de zwaartekracht op het voorwerp. De kleine verschillen aan het begin en aan het einde van de beweging kun je tegen elkaar wegstrepen.
- Een voorwerp kan onder invloed van de zwaartekracht versneld naar beneden bewegen. Terwijl de zwaarte-energie ($E_z = m \cdot g \cdot h$) afneemt, neemt de bewegingsenergie ($E_k = 0{,}5 \cdot m \cdot v^2$) toe. Vaak kun je de energieverliezen door wrijving verwaarlozen. In dat geval geldt, als $v_b = 0$ m/s:
  zwaarte-energie op het hoogste punt = bewegingsenergie op het laagste punt

BEGRIPPEN

arbeid
Grootheid die de prestaties van een mens, een (trek)dier of een machine meetbaar maakt: de arbeid is de uitgeoefende trek- of hijskracht keer de afgelegde afstand.


Ga naar de *Flitskaarten*.





Examentraining B

EXAMEN DOEN

Het schoolexamen is klaar en het centraal examen komt steeds dichterbij. Je hebt nog een paar weken tijd om voor het examen te leren en te oefenen. In dit onderdeel vind je aanwijzingen (voor het leren) en examenopdrachten met tips (voor het oefenen). Veel succes!





1 Vaardigheden en het examen

Op het examen wordt niet alleen getoetst wat je weet (kennis), maar ook wat je kunt (vaardigheden). Achter in je boek staan alle belangrijke vaardigheden op een rij. Als je een vaardigheid niet helemaal beheerst, vraag dan je leraar om extra uitleg. Oefenmateriaal vind je in de opdrachten in deze Examentraining.

Bij veel opdrachten op het examen moet je met een formule een grootheid berekenen. Dat is een vaardigheid die ook op het schoolexamen vaak is getoetst. Er is één belangrijk verschil: het centraal examen gaat over veel meer leerstof. Er zijn dus ook veel meer formules waaruit je kunt kiezen. Je kunt bij het kiezen gebruikmaken van Binas tabel 7 tot en met 10 en 12.

De berekeningen zelf gaan precies zo als op het schoolexamen (afbeelding 1). Je hebt hiervoor een vaste aanpak geleerd. Zie de vaardigheid *Werken met formules (in één stap)*. Het is slim om die aanpak elke keer te volgen. Noteer de gegevens, de gevraagde grootheid en de uitwerking steeds volledig. Zo raak je niet onnodig punten kwijt, doordat je iets over het hoofd ziet.



afbeelding 1 Op je examen moet je behoorlijk wat berekeningen uitvoeren.

In veel formules kun je de gegevens niet zomaar invullen. Je moet er eerst voor zorgen dat ze in de juiste eenheid staan. In de formule $f = \frac{1}{T}$ bijvoorbeeld moet je de trillingstijd invullen in seconden (s). Alleen zo vind je de frequentie in hertz (Hz). Als de trillingstijd in milliseconden (ms) is gegeven, dan moet je dit gegeven eerst omrekenen naar seconden, voordat je de formule gebruikt.

Op het centraal examen wordt van je verwacht dat je de gegevens zo nodig zelf omrekent. Dat staat er niet bij in de opdracht. Je moet het zelf bedenken. Er zijn drie vaardigheden die je bij het omrekenen gebruikt: de vaardigheid *Werken met eenheden*, de vaardigheid *Werken met voorvoegsels* en de vaardigheid *Werken met machten van 10*.

Een enkele keer lijkt er in een berekenopdracht een gegeven te ontbreken. Soms kun je zo'n ontbrekend gegeven vinden in Binas. Zo kun je de dichtheid van een vaste stof opzoeken in Binas tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen*. Soms kun je het ontbrekende gegeven berekenen met behulp van een andere formule. In de vaardigheid *Werken met formules (in twee stappen)* staat hoe dat moet.

Met de vaardigheden *Werken met formules*, *Werken met eenheden*, *Werken met voorvoegsels* en *Werken met machten van 10* kun je op het centraal examen veel punten verdienen. Je hebt ze bij het maken van de examenopdrachten regelmatig nodig. Dat geldt ook voor de vaardigheid *Werken met Binas*. De overige vaardigheden spelen op het centraal examen een minder belangrijke rol.

EXAMENOPDRACHTEN

De volgende opdrachten komen uit examens van de afgelopen jaren. Daarmee kun je oefenen. Beantwoord de opdrachten met behulp van de gegeven tip(s). Gebruik daarbij ruitjespapier of lijntjespapier, net zoals bij het examen. Je kunt de uitwerkbijlagen in dit boek gebruiken. Die staan steeds op een grijs vlak tussen de opdrachten.

TIP 1: Bekijk de examenopdrachten 1 tot en met 5. Over welke leerstof gaan deze opdrachten? In welke hoofdstukken van *Nova* heb je die leerstof gehad?
TIP 2: Bij welke opdrachten moet je een berekening uitvoeren? Markeer in deze opdrachten het opdrachtwerkwoord, de te berekenen grootheid en de gegevens. Gebruik je vaste kleuren.

Kantelbrug

naar: examen 2021-I

Tussen twee kades is een bijzondere loopbrug geplaatst. De brug bestaat uit vijf brugdelen die om een as kantelen.



Om de brugdelen gemakkelijk te kunnen kantelen worden contragewichten gebruikt.

1p **1** Een contragewicht is gemaakt door in een stalen bekisting vloeibaar beton te storten. Over het uitharden van beton na het storten staan op de uitwerkbijlage twee zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

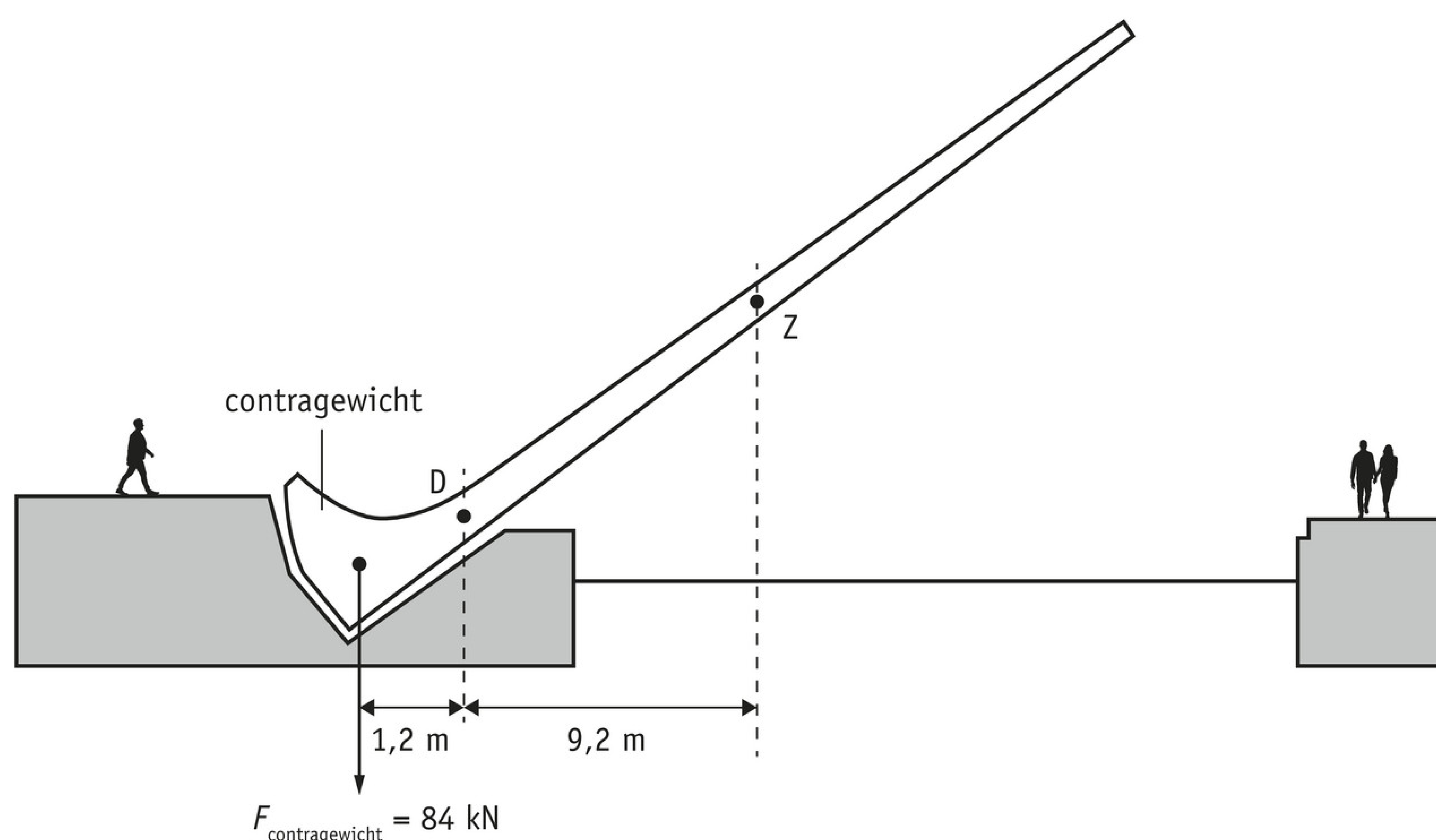
De stofeigenschappen van beton veranderen tijdens het uitharden **wel** / **niet** .

Het uitharden van beton is een **chemische reactie** / **natuurkundig proces** .

TIP 1: In opdracht 2 ontbreekt een gegeven. Om welk gegeven gaat het? Waar kun je dit gegeven vinden?
TIP 2: Je kunt bij deze opdracht het best rekenen met de massa in kilogram (kg) en het volume in kubieke decimeter (dm^3). Op het examen moet je dat zelf bedenken.

3p **2** Eén van de contragewichten bestaat uit 8,5 ton beton (1 ton = 1000 kg).
→ Bereken het volume van het beton in dit contragewicht.

Je ziet een vereenvoudigde afbeelding van een geopend brugdeel.
Dit brugdeel is in evenwicht met het contragewicht. **D** is het draaipunt.
De afmetingen in de afbeelding zijn niet op schaal gegeven.



De zwaartekracht van het contragewicht geeft in deze situatie een moment van $1{,}0 \cdot 10^5$ Nm.

TIP 1: Lees opdracht 3. Markeer het opdrachtwerkwoord. Wat betekent dit opdrachtwerkwoord? Je kunt dat eventueel opzoeken in de Examentraining in deel A.
TIP 2: Gebruik de vaardigheid *Werken met machten van 10* om de zwaartekracht van het contragewicht om te rekenen van kN naar N.

2p **3** Toon dit moment met een berekening aan.

TIP: Lees opdracht 4. Pak de vaardigheden erbij. Gebruik voorbeeldopdracht 2 als voorbeeld voor je berekening.

2p **4** Bereken met de gegevens in de afbeelding de zwaartekracht in punt **Z** op het brugdeel rechts van draaipunt **D**.

TIP: Welke formule heb je nodig voor opdracht 5? Hoe staat deze formule in Binas? Hoe werk je de formule om naar de vorm die jij nodig hebt? Zie de vaardigheid *Werken met formules (in één stap)*.

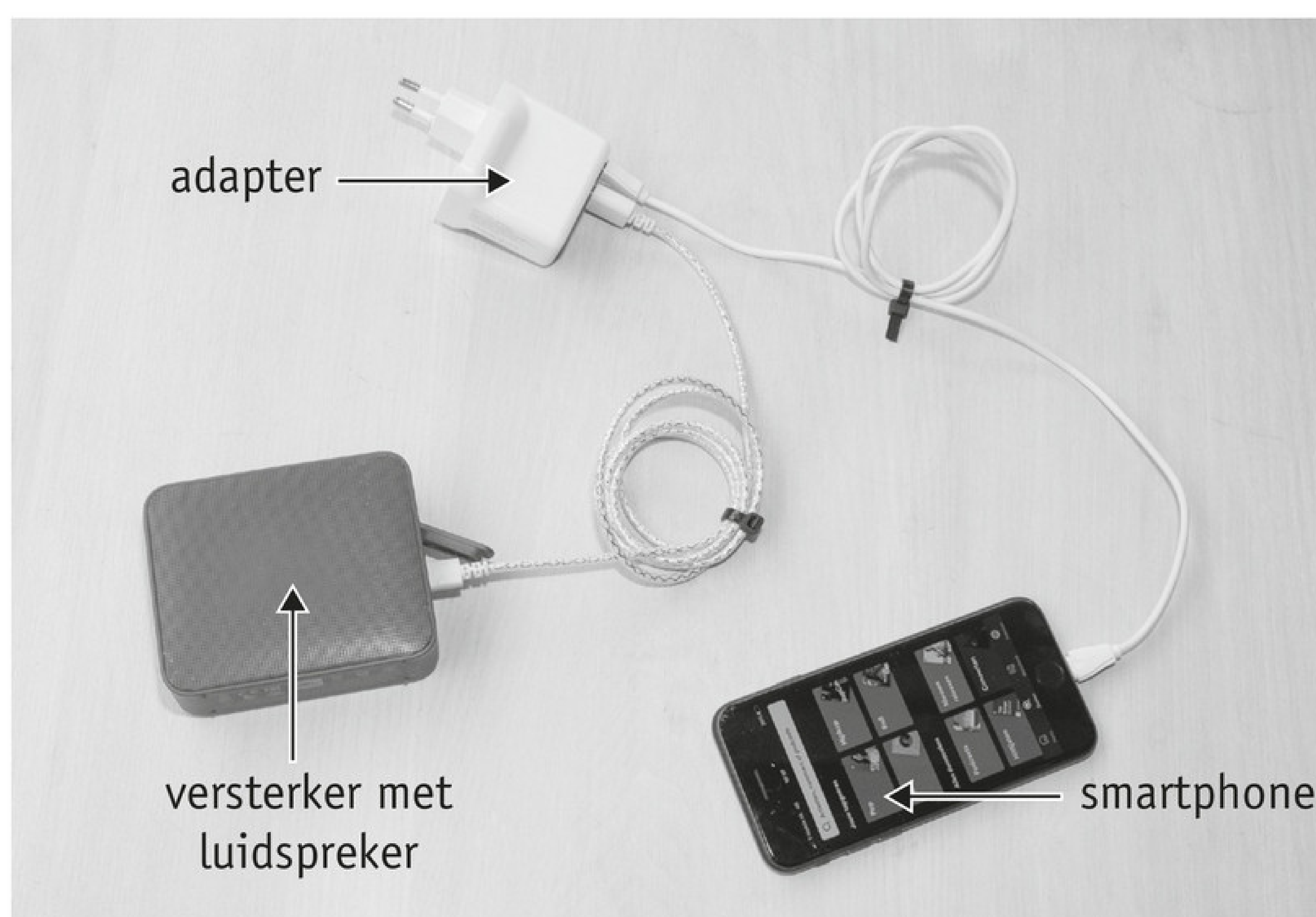
2p **5** Een elektromotor zorgt voor het openen van het brugdeel. De motor levert een gemiddeld vermogen van 400 W. Voor het openen is $1{,}8 \cdot 10^4$ J energie nodig.
→ Bereken de tijd die nodig is om het brugdeel te openen.

TIP 1: Bekijk de examenopdrachten 6 tot en met 10. Over welke leerstof gaan deze opdrachten? In welke hoofdstukken van *Nova* heb je die leerstof gehad?
TIP 2: Bij welke examenopdrachten moet je iets berekenen met een formule? Markeer ook nu weer het opdrachtwerkwoord, de te berekenen grootheid en de gegevens.

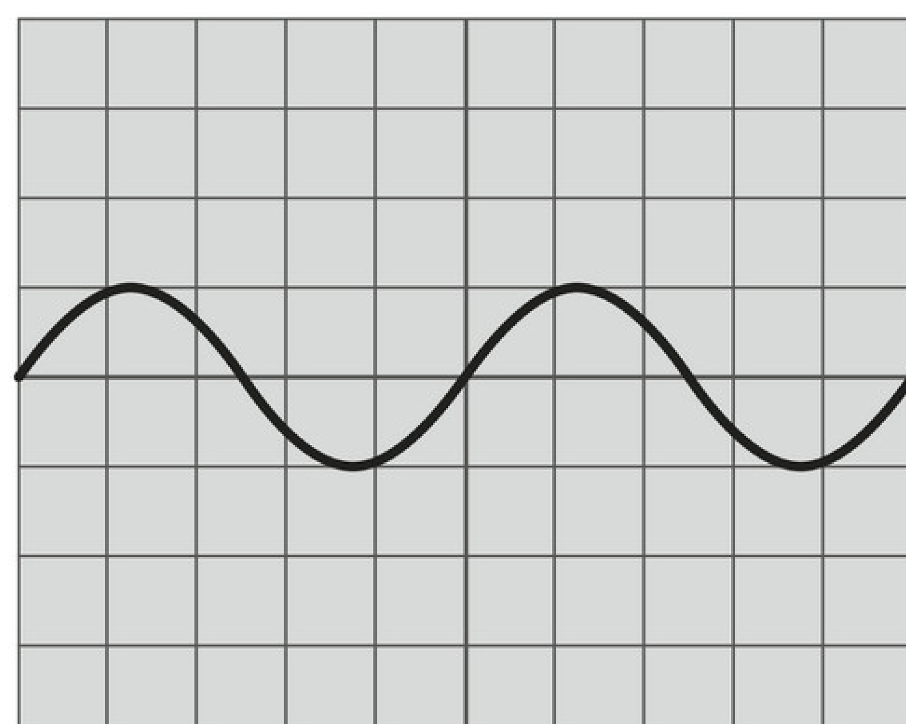
Gedeeld geluid

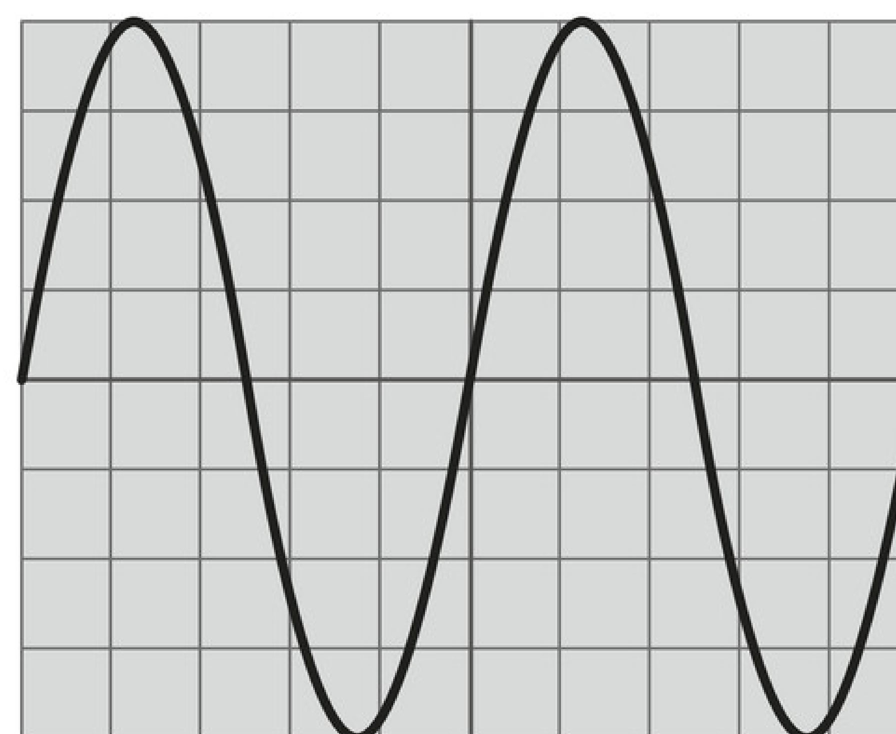
naar: examen 2019-I

Een smartphone kun je gebruiken om muziek af te spelen. Met een versterker en een luidspreker kunnen meerdere mensen naar deze muziek luisteren.



1p **6** Je ziet afbeeldingen van een signaal voor en na de versterker.


voor de versterker


na de versterker

Over het versterkte signaal staan op de uitwerkbijlage twee zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

	even groot	
De amplitude van het versterkte signaal is	**groter**	.
	kleiner	

	even groot	
De frequentie van het versterkte signaal is	**groter**	.
	kleiner	

2p **7** De luidspreker bestaat uit drie onderdelen. De conus is een van deze onderdelen.
→ Noteer de namen van de twee onderdelen die ervoor zorgen dat de conus trilt.

TIP: Lees opdracht 8. Pak de vaardigheden erbij. Gebruik voorbeeldopdracht 15 als voorbeeld voor je berekening.

4p **8** De hoogste toon die de luidspreker weer kan geven, heeft een trillingstijd van 0,040 ms.
→ Bereken de frequentie en leg uit of deze toon hoorbaar is voor de mens. Noteer het gehoorbereik van de mens bij je uitleg.

De smartphone laat muziek horen met een geluidsniveau van maximaal 88 dB. Door het gebruik van de versterker wordt dat verhoogd tot 94 dB. Voor het geluidsniveau geldt:

Bij elke verdubbeling van het geluid neemt het geluidsniveau met 3 dB toe.

2p **9** Vergelijk het geluid van 94 dB met het geluid van 88 dB.
Over deze geluiden staan op de uitwerkbijlage drie zinnen.
→ Noteer in de eerste twee zinnen de juiste waarde en omcirkel in de derde zin de juiste mogelijkheid. Gebruik de tabel 'Maximale blootstellingsduur' in BINAS.

Het geluid van 94 dB is ______ dB harder dan het geluid van 88 dB.

Het geluid van 94 dB is ______ keer zo hard als het geluid van 88 dB.

De maximale blootstellingsduur aan geluid van 94 dB is

gelijk aan	**minder dan**	**meer dan**	vier uur.

TIP: Bij opdracht 9 staat dat je een tabel in Binas moet gebruiken. In opdracht 10 staat dat niet, maar toch heb je ook voor deze opdracht je Binas nodig. Om welke tabel gaat het?

1p **10** In welke zone valt het maximale geluidsniveau van de luidspreker?

A hinderlijk
B zeer hinderlijk
C zeer luid
D extreem luid

TIP 1: Bekijk de examenopdrachten 11 tot en met 14. Over welke leerstof gaan deze opdrachten? In welke hoofdstukken van *Nova* heb je die leerstof gehad?
TIP 2: Bij welke examenopdrachten moet je iets berekenen met een formule? Markeer ook nu weer het opdrachtwerkwoord, de te berekenen grootheid en de gegevens.

Kwaliteit van verf

naar: examen 2018-II

In een bouwmarkt staan verschillende soorten verf.



2p **11** Verf is een vloeistof met daarin fijn verdeelde vaste stof. Na het aanbrengen van een verflaag verdampt de vloeistof.
Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen over het verdampen van de vloeistof.
→ Maak de eerste zin compleet en omcirkel in de tweede zin de juiste mogelijkheid.

Bij het verdampen gaat een stof over van de ______ fase in de ______ fase.

Deze faseovergang is een **chemische reactie** / **natuurkundig proces**.

De hoeveelheid vaste stof in verf kan per merk verschillen.

A-merk	huismerk
inhoud: 0,75 dm^3 / massa: 975 gram	inhoud: 0,75 dm^3 / massa: 885 gram

TIP: Het is niet nodig om bij opdracht 12 de dichtheid te berekenen. Er is een eenvoudiger manier om achter het juiste antwoord te komen. Bedenk hoe je dat aanpakt.

1p **12** Wat is juist over de dichtheid van het huismerk?
De dichtheid van het huismerk is:
A even groot als die van het A-merk.
B groter dan die van het A-merk.
C kleiner dan die van het A-merk.

TIP: Noteer de twee gegevens die je voor opdracht 13 nodig hebt. Welk gegeven reken je om en waarom?

3p **13** Bereken de dichtheid van het huismerk verf in g/cm^3.

TIP: In Binas staan twee tabellen met informatie over veiligheidspictogrammen. Zoek ze allebei op en vergelijk ze met elkaar. Welke tabel gebruik je bij opdracht 14?

2p **14** De vloeistof in de verf is terpentine. Je ziet een deel van de veiligheidskaart van terpentine.

FYSISCHE / CHEMISCHE GEVAREN
Ontvlambaar. Het product kan dampen vrijgeven die gemakkelijk ontvlambare mengsels vormen.
GEVAREN VOOR DE GEZONDHEID
Schadelijk: kan longschade veroorzaken na verslikken. Dampen kunnen slaperigheid en duizeligheid veroorzaken. Overmatige blootstelling kan leiden tot irritatie van ogen, huid en ademhalingswegen.
Kan op lange termijn schadelijke effecten veroorzaken.
GEVAREN VOOR HET MILIEU
Vergiftig voor in het water levende organismen.

→ Zet in de tabel op de uitwerkbijlage een kruisje bij de **vier** veiligheidspictogrammen die op deze veiligheidskaart van toepassing zijn.

2 Van probleem naar oplossing

In deel A heb je geleerd om een examenopdracht stap voor stap aan te pakken. Hierna wordt nog eens toegelicht hoe die aanpak werkt, maar nu aan de hand van een voorbeeld. Bij de stappen 1 tot en met 3 ga je nauwkeurig na welk probleem je moet oplossen. Bij de stappen 4 en 5 bedenk je een manier om dat probleem aan te pakken. Bij de stappen 6 en 7 werk je de gekozen manier van oplossen uit.

Stap 1 Bekijk een nieuwe situatie eerst in grote lijnen.
Op het centraal examen in 2018, tijdvak 2, stond een serie opdrachten over een bijzondere boot: de Seabreacher. Deze zijn hierna opgenomen als examenopdracht 1 tot en met 6. Als je de tekst oriënterend leest en de foto's bekijkt, wordt duidelijk wat een Seabreacher is: "Dit is een boot die behalve varen ook kan duiken, springen en rollen door en in het water." In de opdrachten zie je de woorden 'sprong', 'varen' en 'snelheid' regelmatig terugkomen.

Stap 2 Lees alle tekst zorgvuldig, niet alleen de opdracht zelf.
Je leest de tekst nog eens zorgvuldig (afbeelding 2), van het begin tot en met opdracht 1. Je komt dan verschillende begrippen tegen die je bij het vak natuurkunde hebt leren kennen: 'stuwkracht', 'luchtweerstand', 'constante snelheid', 'tegenwerkende kracht'. Waarschijnlijk heb je nu al een idee over welke leerstof deze opdracht gaat.

Stap 3 Markeer de belangrijkste informatie met verschillende kleuren.
Markeer daarna de belangrijkste informatie:

- het opdrachtwerkwoord: Teken;
- de grootheid waarover de opdracht gaat: de tegenwerkende kracht van het water;
- de gegevens in de tekening: de stuwkracht F_{stuw} en de luchtweerstand $F_{w, lucht}$.

Je kunt bij het markeren ook je eigen kleuren kiezen, maar zorg ervoor dat je steeds dezelfde kleur per soort gebruikt.



afbeelding 2 De tekst zorgvuldig lezen en markeren.

Stap 4 Bedenk wat je over het onderwerp hebt geleerd.
De opdracht gaat over het varen met constante snelheid. In hoofdstuk 16 heb je geleerd dat de resultante in dat geval 0 N is: de voortstuwende kracht is even groot als alle tegenwerkende krachten samen. Als de Seabreacher met een constante snelheid vaart, geldt dus: $F_{stuw} = F_{w, lucht} + F_{w, water}$

Stap 5 Beslis hoe je de opdracht aanpakt.
Bij opdracht 1 moet je $F_{w,\ water}$ tekenen als een vector: een pijl met een lengte, een richting en een aangrijpingspunt. Je meet straks eerst de lengte van F_{stuw} en $F_{w,\ lucht}$. Daarna kun je de lengte van $F_{w,\ water}$ uitrekenen. De richting van de pijl is geen probleem: $F_{w,\ water}$ werkt tegen de bewegingsrichting in, net als $F_{w,\ lucht}$. En het aangrijpingspunt is al in de tekening aangegeven.

Stap 6 Werk de opdracht uit.
Meet eerst de lengte van de andere pijlen. De pijl van F_{stuw} is 4,5 cm lang. De pijl van $F_{w,\ lucht}$ is 1,5 cm lang. De pijl van $F_{w,\ water}$ krijgt dus een lengte van: 4,5 − 1,5 = 3,0 cm. Je tekent $F_{w,\ water}$ dus als een pijl van 3,0 cm, vanaf het aangrijpingspunt op de stippellijn horizontaal naar links.

Stap 7 Controleer je antwoord.
Tot slot meet je alle afstanden nog één keer na. De twee pijlen naar links (van 3,0 en 1,5 cm) zijn samen even groot als de ene pijl naar rechts (4,5 cm). Dat klopt helemaal. Probleem opgelost.

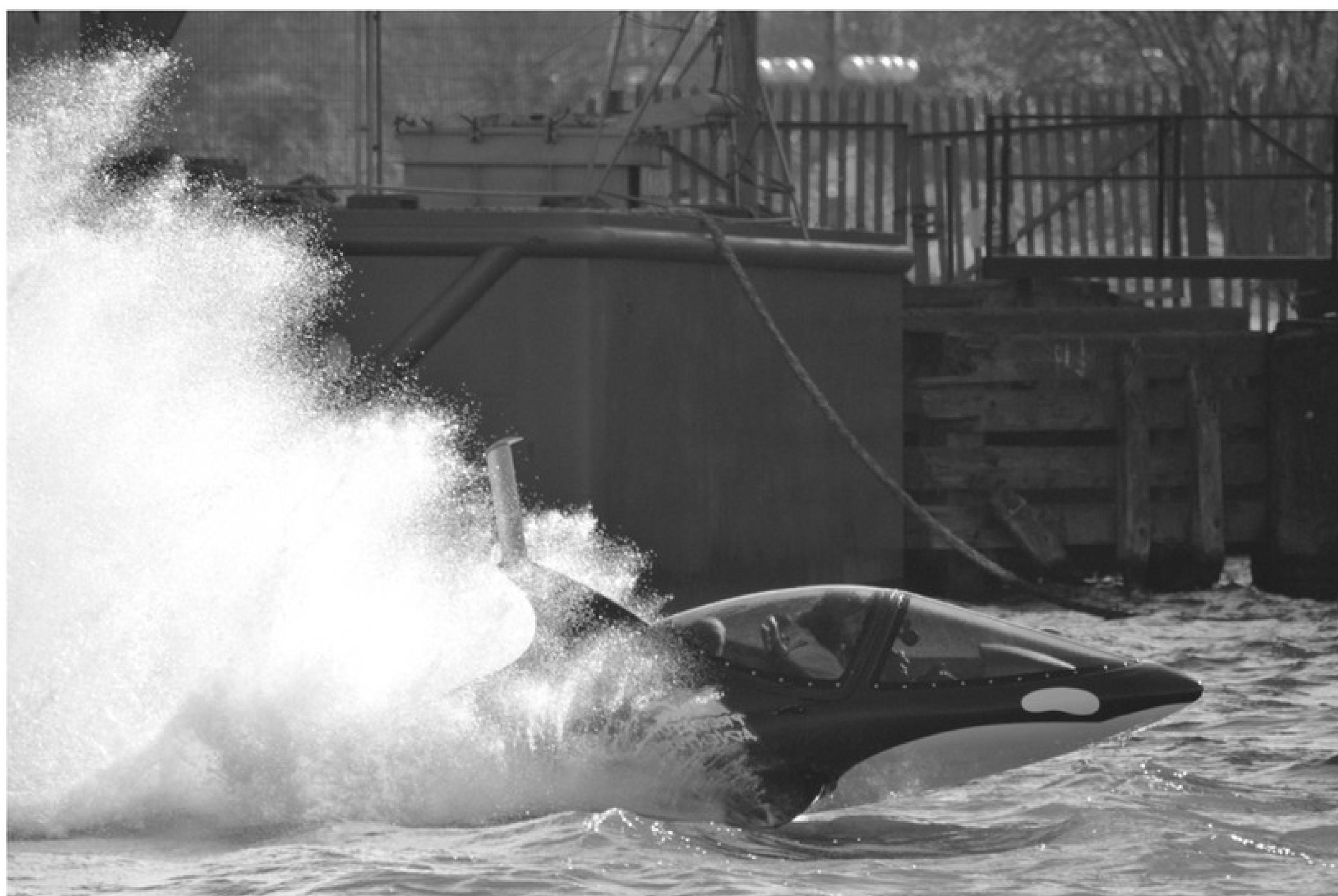
EXAMENOPDRACHTEN

TIP: Lees het examenonderdeel over de Seabreacher oriënterend. Bekijk de afbeeldingen. Beide helpen je om het overzicht te houden en geen dingen over het hoofd te zien.

Seabreacher

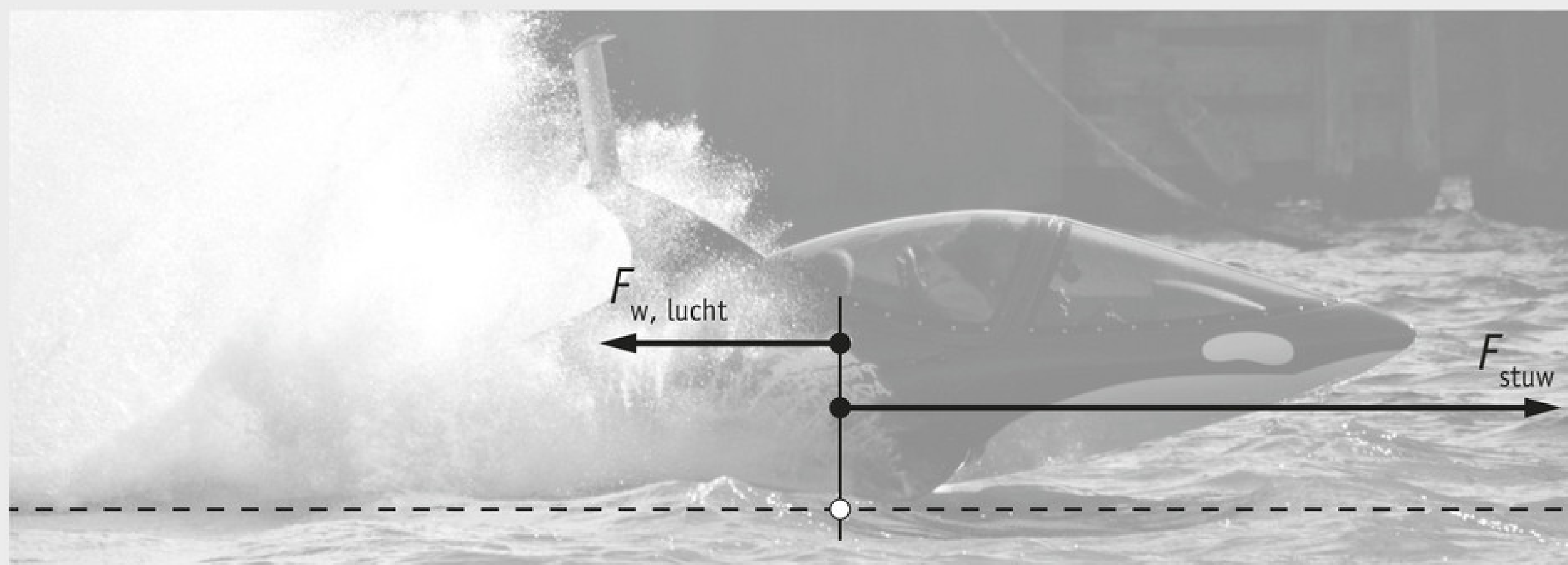
naar: examen 2018-II

Ashwin heeft een Seabreacher. Dit is een boot die behalve varen ook kan duiken, springen en rollen door en in het water.



De boot heeft een benzinemotor die zorgt voor de stuwkracht.

2p **1** Je ziet op de uitwerkbijlage een afbeelding van de boot tijdens het varen.
In de afbeelding zijn de stuwkracht en de luchtweerstand getekend tijdens het varen met constante snelheid.
→ Teken in de afbeelding de vector van de tegenwerkende kracht van het water langs de stippellijn.



Ashwin laat zijn boot een sprong maken.



TIP: Bij opdracht 2 heb je de waarde van *g* nodig. De examenmakers gaan ervan uit dat je die uit je hoofd kent. Voor het geval je het even vergeten bent: *g* = 10 N/kg.

2p **2** Bij de sprong is 9250 J van alle bewegingsenergie omgezet in zwaarte-energie.
De massa van de boot met Ashwin is 740 kg.
→ Bereken de maximale afstand die de boot omhoogkomt.

TIP: Bij opdracht 3 kan de stap-voor-stap aanpak je helpen om geen fouten te maken. Wat heb je geleerd over het berekenen van de vertraging? In welk hoofdstuk was dat?

2p **3** De boot duikt na een sprong met een snelheid van 15 m/s in het water.
Zijn snelheid neemt in 2,5 s af tot 8,0 m/s.
→ Bereken de vertraging.

3p **4** Ashwin vaart de boot terug naar de haven over een afstand van 8,0 km.
Hij vaart met een gemiddelde snelheid van 40 km/h.
→ Bereken de tijd in minuten die de boot van Ashwin nodig heeft om bij de haven aan te komen.

Bij de vaartocht is 50 L benzine verbrand. Bij het verbranden van deze hoeveelheid benzine komt $1{,}65 \cdot 10^9$ J energie vrij.

TIP 1: Opdracht 5 gaat over heel andere leerstof dan de opdrachten 1 tot en met 4. Je vindt deze leerstof in deel 3B van *Nova*. In welk hoofdstuk en in welke paragraaf?
TIP 2: Zorg ervoor dat je de delen 3A en 3B bij de hand hebt als je de opdrachten maakt. Je zult ze regelmatig nodig hebben bij stap 4 'Bedenk wat je over het onderwerp hebt geleerd'.
TIP 3: Weet je wat wordt bedoeld met $1{,}65 \cdot 10^9$ J energie? Pak anders de vaardigheid *Werken met machten van 10* erbij.

3p **5** Toon met een berekening aan dat bij deze verbranding $1{,}65 \cdot 10^9$ J energie is omgezet. Gebruik bij je antwoord de tabel 'Verbrandingswarmte van enkele stoffen' in BINAS.

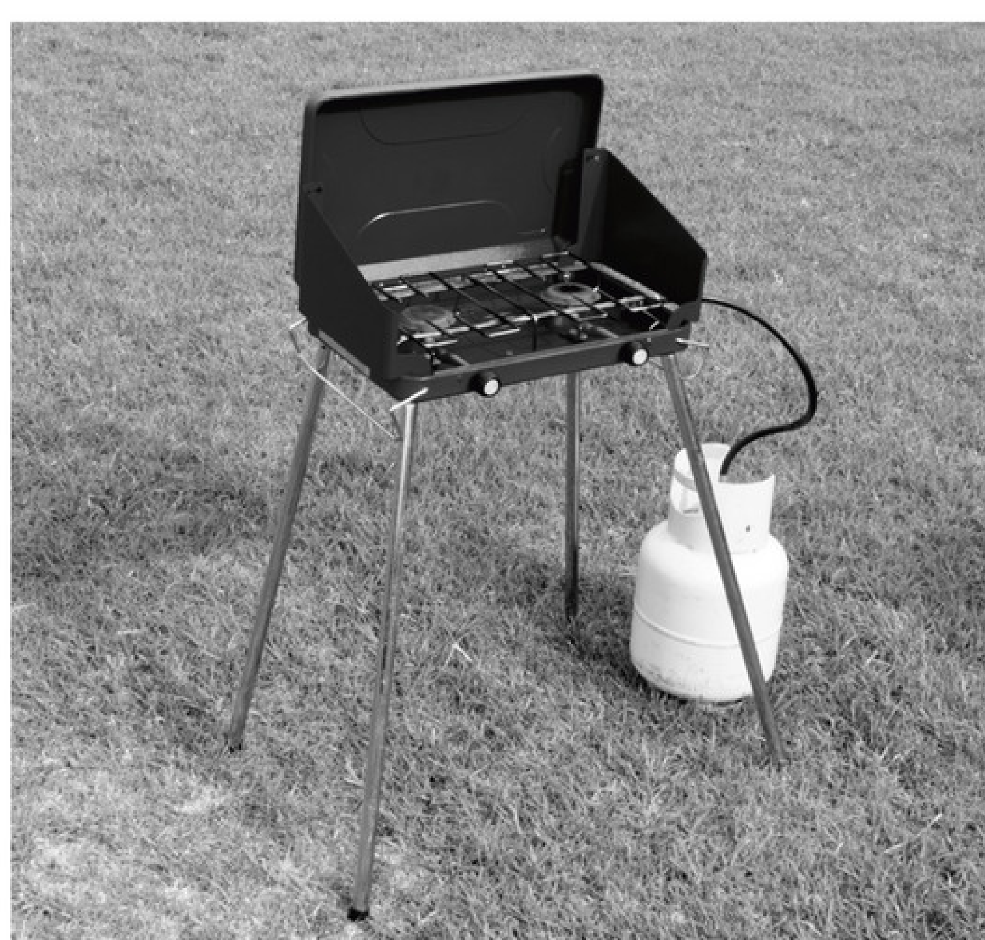
TIP: Om het rendement te kunnen berekenen, moet je weten hoe groot E_{op} en E_{af} zijn. Waar vind je deze gegevens?

2p **6** Bij de vaartocht is $2{,}97 \cdot 10^8$ J van de totaal omgezette energie nuttig gebruikt.
→ Bereken het rendement van de boot bij deze tocht.

Koken op gas

naar: examen 2018-I

Op de camping kun je koken op propaangas. De gasfles is via een drukregelaar en een gasslang op een gasstel aangesloten.



De druk van het gas in de volle gasfles is 40 N/cm^2.

TIP: Weet je hoe je moet omrekenen van N/cm^2 naar N/m^2? Pak anders de vaardigheid *Werken met voorvoegsels* er nog even bij.

1p **7** Noteer deze druk in N/m^2.

2p **8** De aansluiting van de drukregelaar heeft een oppervlak van 0,25 cm^2.
→ Bereken de kracht van het gas op de aansluiting.

Bij deze druk en bij kamertemperatuur is een deel van het propaan in de fles vloeibaar.

1p **9** Je ziet op de uitwerkbijlage een afbeelding van de gasfles.
→ Noteer naast de afbeelding de fase van het propaan in elk deel van de fles.



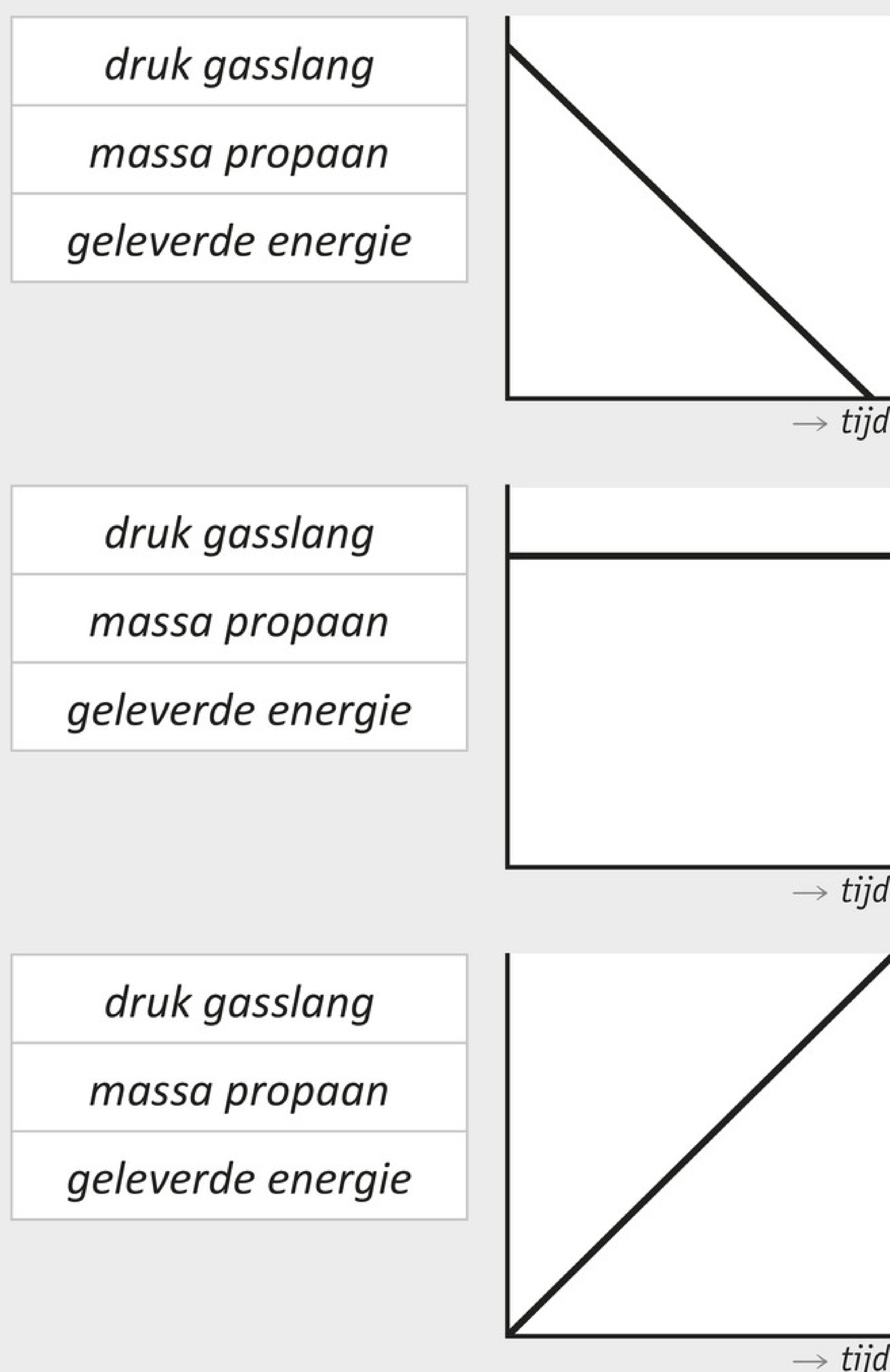
Door het openen van de gaskraan neemt de hoeveelheid propaan in de gasfles af.

1p **10** Je ziet op de uitwerkbijlage een zin over het propaan in de gasfles.
→ Omcirkel in die zin de juiste mogelijkheid.

	condenseert	
	rijpt	
Als je de gaskraan opendraait	**stolt**	het propaan in de fles.
	sublimeert	
	verdampt	

TIP: Bij opdracht 11 is het belangrijk dat je de hele tekst goed leest, vanaf de titel, en dus niet alleen de opdracht zelf.

2p **11** De drukregelaar zorgt ervoor dat de druk in de gasslang constant is.
Je ziet op de uitwerkbijlage drie grafieken tijdens het gebruik van het gasstel.
→ Omcirkel bij elk diagram de juiste grootheid bij de verticale as.



Propaan heeft dezelfde verbrandingsproducten als aardgas.

TIP: Wat weet je over het verbranden van aardgas? Die kennis heb je nodig bij de opdrachten 12 tot en met 15. Pak zo nodig de hoofdstukken 4 *Stoffen*, 6 *Warmte* en 11 *Energie* erbij.

1p **12** Noteer de energiesoort die propaan heeft.

2p **13** Leg uit of het verbranden van propaan een natuurkundig proces of een chemische reactie is.

1p **14** Noteer een verbrandingsproduct dat zorgt voor een versterkt broeikaseffect.

2p **15** Met het gasstel wordt water aan de kook gebracht. Hiervoor is 334 kJ energie nodig.
→ Bereken het volume aan propaangas in L dat hiervoor minimaal nodig is. Gebruik bij je berekening de tabel 'Verbrandingswarmte van enkele stoffen' in BINAS.

3 Leren voor het examen

De leerstof voor het centraal examen bestaat uit:

Nova 3GT deel A	hoofdstuk 4 *Stoffen*
Nova 3GT deel B	hoofdstuk 6 *Warmte*
	hoofdstuk 7 *Materialen*
Nova 4GT deel A	hoofdstuk 9 *Schakelingen*
	hoofdstuk 10 *Krachten*
	hoofdstuk 11 *Energie*
	hoofdstuk 12 *Elektriciteit*
Nova 4GT deel B	hoofdstuk 13 *Geluid*
	hoofdstuk 14 *Werktuigen*
	hoofdstuk 15 *Bewegingen*
	hoofdstuk 16 *Kracht en beweging*

Ook de vaardigheden die achter in de boeken staan, horen bij de leerstof voor het centraal examen.

Wil je alle leerstof voor het examen nog eens doornemen? Gebruik dan de leerstofoverzichten aan het eind van elk hoofdstuk. Daarin staat een samenvatting van alle leerstof die je voor het examen moet kennen. Ook vind je er een lijst met alle belangrijke begrippen en hun betekenis. De korte formuleringen helpen je bij het leren.

Je kunt iemand vragen om je af en toe te overhoren (afbeelding 3). Zo kun je erachter komen of je de leerstof goed genoeg beheerst. Je kunt ook jezelf overhoren, als je dat liever doet. Een handig hulpmiddel daarbij zijn de leerdoelen aan het begin van elke paragraaf. Als voorbeeld drie leerdoelen uit paragraaf 1 van hoofdstuk 14:

14.1.1 Je kunt uitleggen wat wordt bedoeld met het moment van een kracht.
14.1.2 Je kunt berekeningen uitvoeren met het moment, de kracht en de arm.
14.1.3 Je kunt uitleggen waar het van afhangt of een hefboom in evenwicht is.



afbeelding 3 Overhoren kan op elk moment.

Gebruik de leerdoelen om jezelf vragen te stellen: Wat wordt bedoeld met het moment van een kracht? Wat is de arm van een kracht? Kan ik de arm aflezen in een afbeelding van een hefboom? Welke formule heb ik geleerd voor het moment, de kracht en de arm? Wat betekenen de letters in die formule? In welke eenheden vul ik de gegevens in? Enzovoort.

De hoofdstukken 4, 6 en 7 zijn in leerjaar 3 behandeld. Dat is alweer een tijd geleden. Misschien komen sommige dingen in de leerstofoverzichten je niet meer bekend voor. In zo'n geval kun je het best de bijbehorende paragraaf erbij pakken. Daar staat de leerstof veel uitgebreider, met voorbeelden en illustraties. Als je er dan nog niet uitkomt, vraag dan je leraar of een medeleerling om uitleg.

Op examenblad.nl vind je oude examens. Deze kun je gebruiken om te oefenen met examenopdrachten.

EXAMENOPDRACHTEN

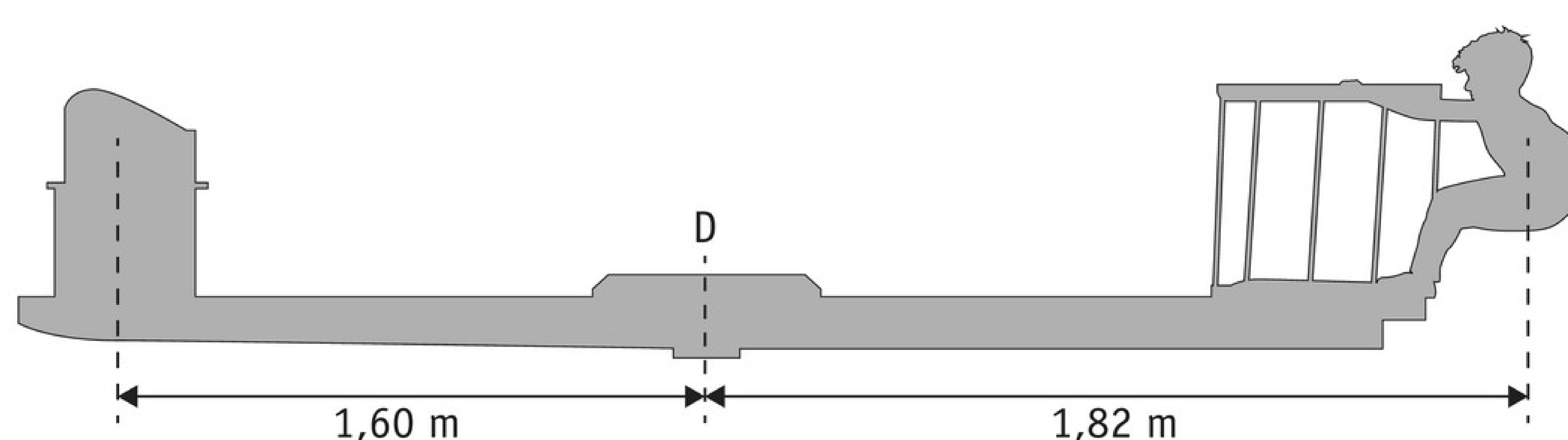
TIP: Bekijk de examenopdrachten 1 tot en met 4. Over welke leerstof gaan deze opdrachten? In welke twee hoofdstukken van *Nova* is die leerstof aan bod gekomen?

Speelmomentje

naar: examen 2019-I

In een speeltuin staat een bijzondere wip. Op deze wip kan een kind in zijn eentje wipwappen.
De wip bestaat uit een balk met links van het draaipunt D een bak met stenen en rechts een rek waar een kind aan kan hangen.

Je ziet een afbeelding met Leon die de wip in evenwicht heeft gebracht.



TIP: Opdracht 1 is een echte kennisvraag. Je vindt het antwoord in het leerstofoverzicht bij hoofdstuk 14 *Werktuigen,* paragraaf 14.2 *Hefbomen en zwaartekracht*.

1p **1** Het materiaal van de balk is homogeen.
→ Wat betekent homogeen?

De bak is gevuld met stenen. De totale massa van de stenen is 32 kg.

TIP 1: Markeer in opdracht 2 het opdrachtwerkwoord, de te berekenen grootheid en de gegevens. Gebruik je vaste kleuren.
TIP 2: Je moet één van de gegevens omrekenen. Welk gegeven kies je daarvoor? Waarom?

4p **2** Het volume van de stenen in de bak is $1{,}2 \cdot 10^4$ cm^3.
→ Bereken de dichtheid van deze stenen **en** noteer uit welke stof deze steensoort bestaat. Gebruik de tabel 'Gegevens van enkele vaste stoffen' in BINAS.

TIP: Lees opdracht 3. Pak de vaardigheden erbij. Welke voorbeeldopdracht kun je als voorbeeld voor je berekening gebruiken?

3p **3** Bereken het gewicht van Leon. Gebruik de momentenwet. Verwaarloos hierbij de massa van de bak waarin de stenen zitten en van het rek waaraan Leon hangt.

2p **4** Leon verplaatst zich in de richting van **D**.
Over het gevolg van deze verplaatsing staan op de uitwerkbijlage drie zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

Wanneer Leon zich in de richting van **D** verplaatst, zal

het moment rechts van **D** | **groter** | **kleiner** | worden.

Het moment links van **D** zal

gelijk blijven
groter worden
kleiner worden

.

Leon zal nu

omhoog bewegen
omlaag bewegen
op dezelfde hoogte blijven

.

Gesmolten asfalt

naar: examen 2019-II

Lees het artikel.

Vliegtuig glijdt van startbaan

Een vliegtuig is van de startbaan gegleden toen de wielen wegzakten in het asfalt.
Door een hittegolf was het asfalt gesmolten.
De passagiers konden het toestel ongedeerd verlaten.

Bron: 4nieuws.nl.



TIP: Lees opdracht 5. Gebruik de vaardigheid *Werken met eenheden*. Welke voorbeeldopdracht kun je als voorbeeld gebruiken?

1p **5** Asfalt smelt vanaf 327 K.
→ Noteer deze temperatuur in graden Celsius.

De luchttemperatuur was lager dan deze smelttemperatuur. Door de zwarte kleur heeft het asfalt toch een hogere temperatuur gekregen.

TIP: Lees opdracht 6. Gebruik het leerstofoverzicht bij hoofdstuk 6 *Warmte*, paragraaf 6.3 *Warmtetransport* om deze opdracht te maken.

1p **6** Van de zon naar het asfalt is veel warmtetransport door:
A geleiding.
B straling.
C stroming.

1p **7** De zwarte kleur van het asfalt zorgt voor:
A absorberen van energie.
B doorlaten van energie.
C reflecteren van energie.

De beschadiging van het asfalt wordt gerepareerd. Hiervoor wordt vloeibaar asfalt gebruikt.

TIP 1: Welke formule heb je nodig voor opdracht 8? Hoe staat deze formule in Binas? Hoe werk je hem om naar de vorm die je nodig hebt? Zie de vaardigheid *Werken met formules (in één stap).*

TIP 2: Bij deze berekenopdracht moet je eerst één van de gegevens omrekenen. Welk gegeven kies je daarvoor? Waarom?

2p **8** Er wordt een volume van 0,90 m^3 asfalt gebruikt. De dichtheid van dit asfalt is 2,3 kg/dm^3.
→ Bereken de massa van het gebruikte asfalt.

1p **9** Na het aanbrengen van het gesmolten asfalt koelt het af.
Over het gevolg van het afkoelen staan op de uitwerkbijlage twee zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

Bij het afkoelen van het asfalt neemt het volume **af** | **toe** .

Bij het afkoelen van het asfalt neemt de dichtheid **af** | **toe** .

2p **10** Bij het afkoelen tot een vaste stof verdampt er onder andere water uit het asfalt.
→ Leg uit of verdampen een chemische reactie of een natuurkundig proces is.

1p **11** Je ziet een tabel over stoffen die vrijkomen bij het werken met asfalt.

stof	kans op
asfaltrook	hoofdpijn, irritaties van ogen en luchtwegen, huid-aandoeningen (roodheid, prikkeling)
'grof stof'	irritatie van ogen en luchtwegen
organische oplosmiddelen (reiniging)	duizeligheid, irritatie van de huid

Welk veiligheidspictogram hoort bij deze tabel?


A


B


C

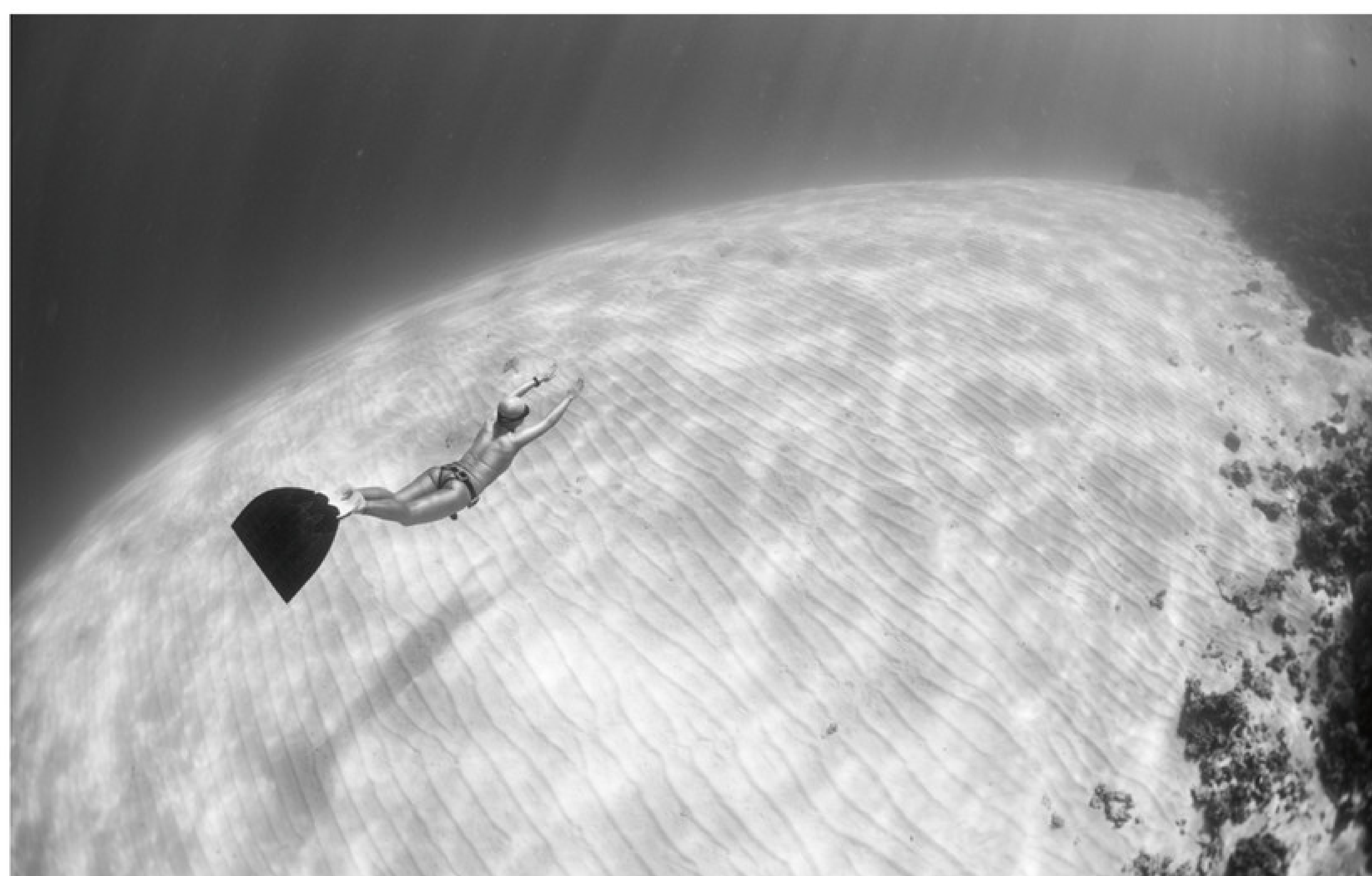

D


E

Dolfijn zwemmen

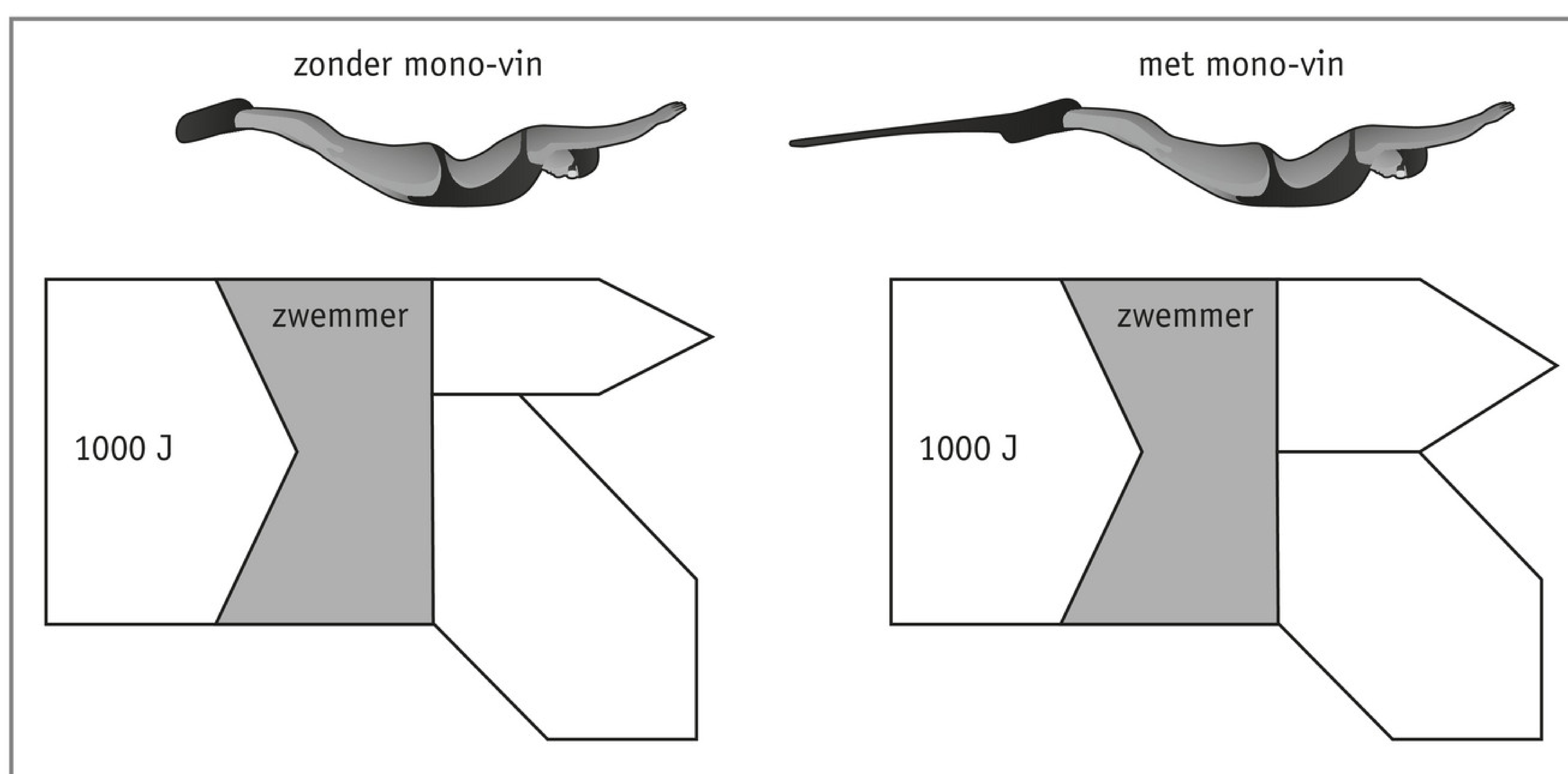
naar: examen 2018-II

Een mono-vin is een rubberen zwemvlies. Met de mono-vin aan je voeten zwem je als een dolfijn.



Een zwemmer met mono-vin kan een gemiddelde zwemsnelheid van 13 km/h halen. Dit is twee keer zo snel als een zwemmer zonder mono-vin.

1p **12** Je ziet het schema van de energiestroom per seconde bij een zwemmer zonder en met mono-vin.



Waarom kan de zwemmer met een mono-vin sneller zwemmen dan zonder mono-vin?
Omdat

A de totale hoeveelheid energie groter is.
B het opgenomen vermogen groter is.
C het rendement groter is.

1p **13** Tijdens het zwemmen is er in het lichaam sprake van een energieomzetting.
Welke energiesoort wordt er in het lichaam omgezet?

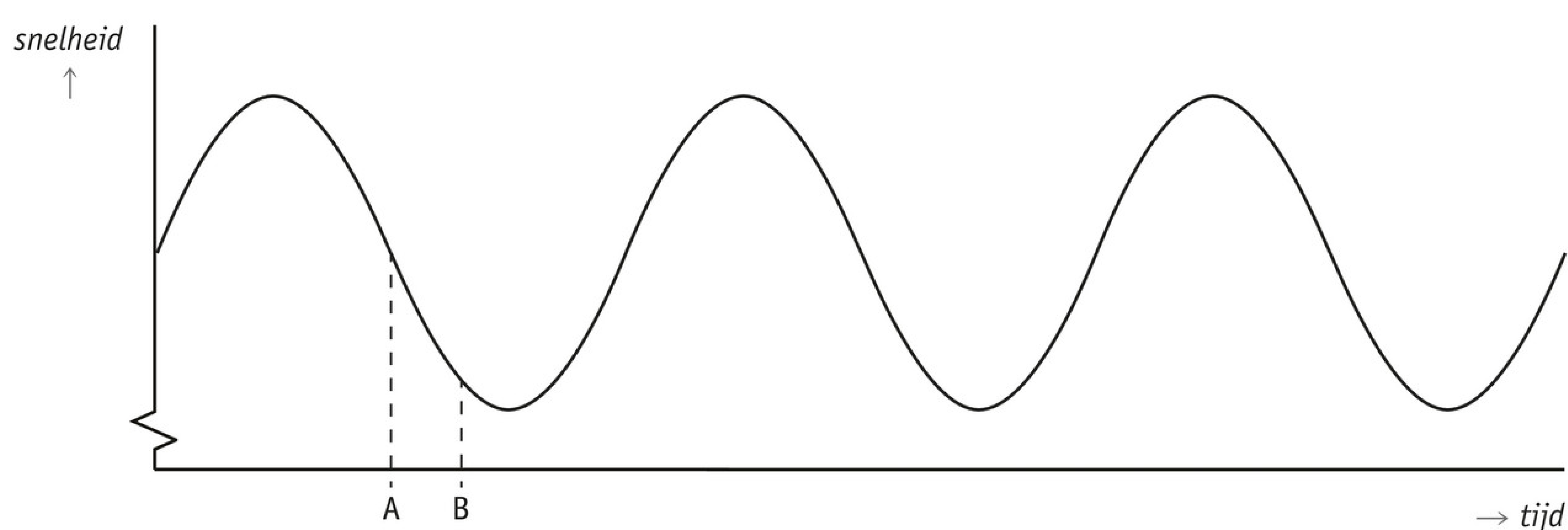
A bewegingsenergie
B chemische energie
C elastische energie
D warmte

1p **14** Op de uitwerkbijlage staat een zin over de zwemsnelheid en de bewegingsenergie.
→ Omcirkel in die zin de juiste mogelijkheden.

Als de snelheid twee keer zo groot is,

dan is de bewegingsenergie	twee / vier	keer zo	groot / klein	.

1p **15** De snelheid tijdens het zwemmen is niet constant. Je ziet een vereenvoudigd *v*,*t*-diagram van de zwemmer met mono-vin die drie zwemslagen maakt.



Over de beweging en de krachten tussen A en B staan op de uitwerkbijlage twee zinnen.
→ Omcirkel in elke zin de juiste mogelijkheid.

Van A naar B beweegt de zwemmer	**met constante snelheid** / **versneld** / **vertraagd**	.

Van A naar B geldt:	$F_{stuw} > F_{tegen}$ / $F_{stuw} = F_{tegen}$ / $F_{stuw} < F_{tegen}$	.

4 Binas op het examen

Op het centraal examen kun je Binas op twee manieren gebruiken:
- als bron van gegevens;
- als geheugensteun.

Zie hierover ook de vaardigheid *Werken met Binas*.

Binas is onmisbaar als bron van gegevens. In elk centraal examen staan opdrachten waarvoor je (één van) de gegevens in Binas moet opzoeken. Bijvoorbeeld: de dichtheid van staal, de geluidssnelheid in zeewater, de verbrandingswarmte van benzine, het smeltpunt van lood, de maximale blootstellingstijd aan geluid van 120 dB, enzovoort. Zonder zo'n gegeven kun je de opdracht niet maken.

Het examen verwijst niet steeds op dezelfde manier naar Binas. Soms staat gewoon in de opdracht welke tabel je moet gebruiken. Dat is het gemakkelijkst. Soms staat er alleen: 'Gebruik BINAS'. Dan moet je zelf bedenken welke tabel je nodig hebt. En soms staat er helemaal niets. Dan moet je er zelf achter komen dat het ontbrekende gegeven in Binas staat (afbeelding 4).



afbeelding 4 Zelf bedenken dat pictogrammen in Binas staan.

Binas kan op het centraal examen ook erg handig zijn als geheugensteun. Je kunt er formules in opzoeken (tabel 7 tot en met 12), grootheden, symbolen en eenheden (tabel 6) en pictogrammen (tabel 31 en 39). Als je iets niet zeker weet, kijk dan eerst in Binas. Dat hoeft maar weinig tijd te kosten, als je maar weet waar je moet zoeken.

Soms kan Binas je helpen om in geval van nood toch een oplossing te vinden. Stel dat je geen enkel idee hebt hoe je opdracht 6 in afbeelding 5 moet aanpakken. Alle kennis is uit je hoofd verdwenen ...

De motor met bestuurder heeft een totale massa van 285 kg.
De motor trekt in 6,25 s vanuit stilstand op tot een topsnelheid van 252 km/h. De gemiddelde versnelling is 11,2 m/s^2.

3p **5** Toon deze gemiddelde versnelling met een berekening aan.

2p **6** Bereken de kracht die nodig is voor deze versnelling.

afbeelding 5 Twee examenopdrachten (examen 2018 tijdvak 1).

Je kunt dan als volgt te werk gaan:

- Opdracht 6 gaat over kracht en versnelling. Dus zoek je om te beginnen de symbolen voor kracht en versnelling op in Binas tabel 6 *Enkele grootheden*. Je vindt dan F voor kracht en a voor versnelling.
- Kijk daarna of je een formule kunt vinden met een F en een a erin. In Binas tabel 7 *Beweging en kracht* vind je zo'n formule: $F = m \cdot a$. Dat zou de juiste formule kunnen zijn!
- De versnelling a ken je al. Maar wat is m? Je kijkt weer in Binas tabel 6 en gaat alle symbolen langs. Zo kom je erachter dat m het symbool voor massa is.
- Ga na of je de massa kunt vinden. En die staat inderdaad vermeld. “De motor met bestuurder heeft een totale massa van 285 kg.”
- Je kunt de formule dus gebruiken. Op het examenpapier schrijf je alles op wat je te weten gekomen bent:

  gegevens $m = 285$ kg
  $a = 11{,}2$ m/s^2
  gevraagd $F = ?$ N
  uitwerking $F = m \cdot a$
- De rest van de berekening moet je zelf doen. Maar dat zal wel lukken, nu je zo ver gekomen bent.

Zo kun je natuurlijk niet elke examenopdracht aanpakken. Dat zou veel te veel tijd kosten. Bovendien gaat het echt niet altijd goed. Maar in geval van nood kun je het een keer op deze manier proberen. Dat is beter dan helemaal niets opschrijven.

EXAMENOPDRACHTEN

Afstand-app

naar: examen 2018-I

De afstand tot een voorwerp meet je met een app op je smartphone.



De smartphone zendt geluid uit. Even later ontvangt de smartphone het weerkaatste geluid. Met het tijdsverschil tussen zenden en ontvangen berekent de smartphone de afstand tot een voorwerp.
De app is geijkt voor een geluidssnelheid van 340 m/s.

3p **1** Bereken de tijd die het geluid onderweg is. Gebruik het gegeven op de afbeelding.

TIP: Lees opdracht 2. Je moet de temperatuur noteren, maar waar kun je die vinden? In de opdracht staat nergens een temperatuur vermeld. In zo'n geval kijk je in Binas.

2p **2** Noteer de temperatuur waarbij de geluidssnelheid van de app is geijkt, in kelvin en in graden Celsius.

Elektrische motor

naar: examen 2018-I

Je ziet een afbeelding van een motor die wordt aangedreven door een elektromotor.



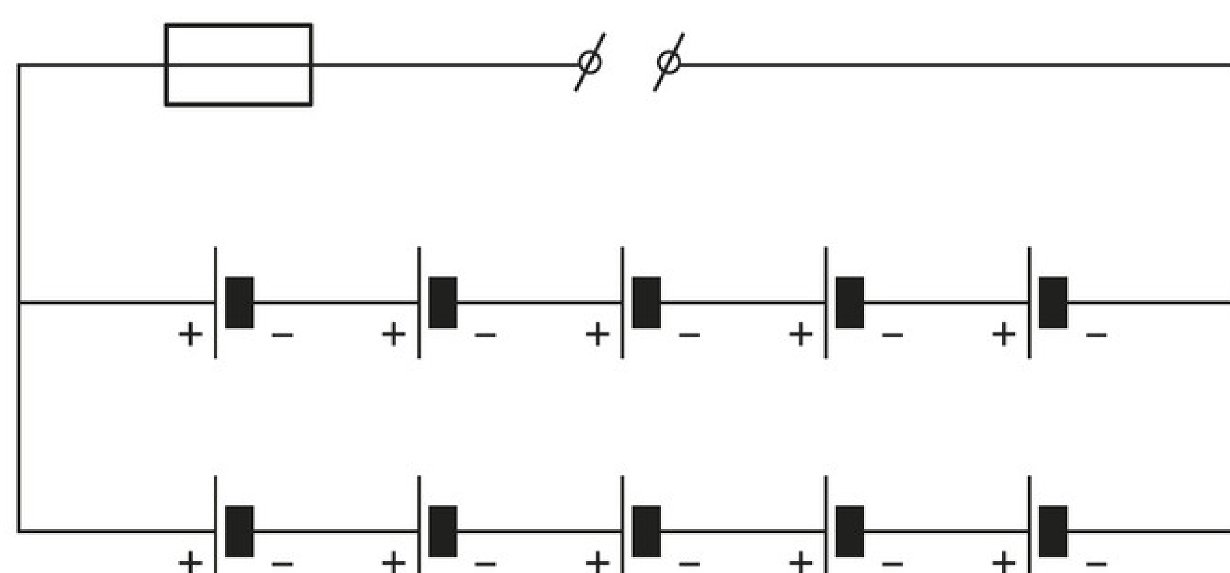
De meeste frames van motoren worden van staal gemaakt. Het frame van deze motor is gemaakt van carbonfiber. Dit zijn koolstofvezels die gecombineerd zijn met (kunststof) hars.

1p **3** Carbonfiber heeft een kleinere dichtheid dan staal. Hierdoor is de massa van het frame kleiner.
→ Noteer nog een materiaaleigenschap van carbonfiber die het geschikt maakt als materiaal voor het frame.

TIP: Opdracht 4 bestaat uit twee onderdelen. Markeer de twee opdrachtwerkwoorden en zet er (1) en (2) bij. Welke gegevens heb je nodig voor het eerste onderdeel? Welk gegeven heb je pas bij het tweede onderdeel nodig?

3p **4** Het volume van het frame van carbonfiber is 6,0 dm^3. De dichtheid van carbonfiber is 1,78 kg/dm^3.
De massa van een stalen frame is 46,8 kg.
→ Bereken de massa van een carbonfiber frame en noteer het massaverschil met een stalen frame.

1p **5** Het accupakket van de motor bestaat uit 10 accu's. Je ziet het vereenvoudigde schakelschema.



De accu's in het accupakket leveren samen een spanning van 320 V aan de elektromotor.
Hoe groot is de spanning van één accu?

A 32 V
B 53 V
C 64 V
D 160 V

TIP: Opdracht 6 is een echte kennisvraag. Je vindt het antwoord in het leerstofoverzicht bij hoofdstuk 12 *Elektriciteit*, paragraaf 12.4 *Elektriciteit en veiligheid*.

1p **6** Het accupakket is beveiligd met een zekering.
→ Waartegen beschermt een zekering?

De motor met bestuurder heeft een totale massa van 285 kg.
De motor trekt in 6,25 s vanuit stilstand op tot een topsnelheid van 252 km/h.
De gemiddelde versnelling is 11,2 m/s^2.

3p **7** Toon deze gemiddelde versnelling met een berekening aan.

2p **8** Bereken de kracht die nodig is voor deze versnelling.

TIP: Maak voor opdracht 9 gebruik van de vaardigheid *Werken met eenheden*.

3p **9** De motor rijdt 9,0 minuten op topsnelheid.
→ Bereken de afstand die de motor op topsnelheid in die tijd aflegt.

Valhelm

naar: examen 2017-II

Erik en Maarten testen de werking van een valhelm.



TIP: Lees opdracht 10. Zie voor veiligheidsvoorzieningen in een auto het leerstofoverzicht bij hoofdstuk 16 *Kracht en beweging*, paragraaf 16.3 *Veiligheid in het verkeer*.

1p **10** De valhelm heeft een zachte binnenkant.
→ Noteer een veiligheidsvoorziening in een auto waarmee de zachte binnenkant te vergelijken is.

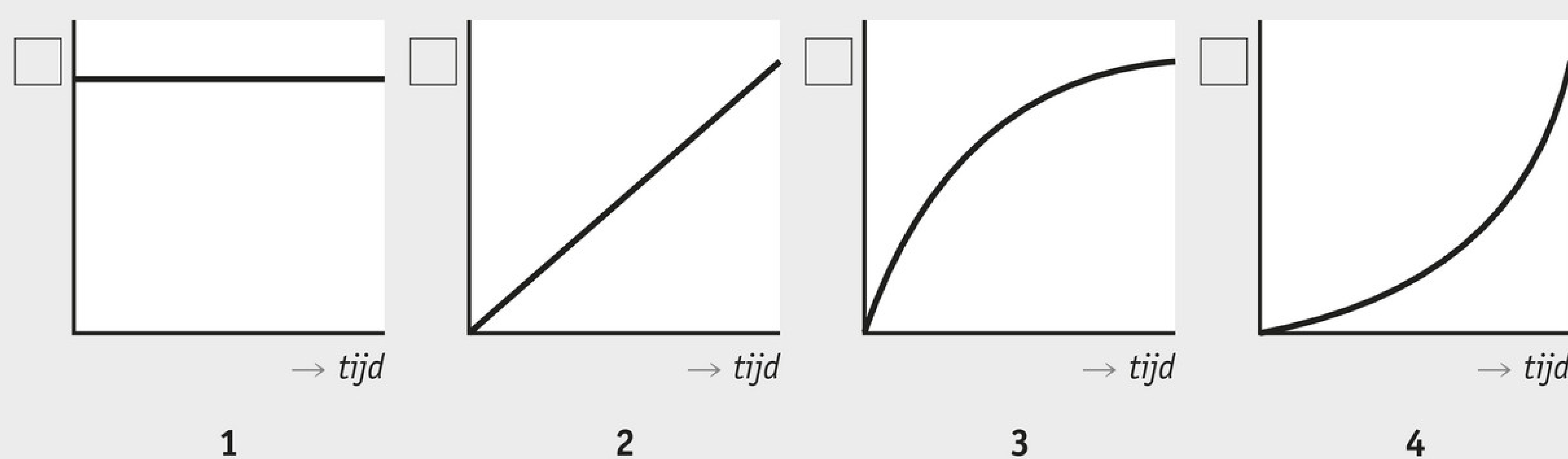
1p **11** Wat is juist over het nut van het dragen van een valhelm bij een val?
A De valhelm vergroot de reactietijd van het hoofd.
B De valhelm verkleint de remtijd van het hoofd.
C De valhelm vergroot de remweg van het hoofd.
D De valhelm verkleint de remweg van het hoofd.

Maarten laat de helm (massa 1,3 kg) vanaf de derde verdieping vallen.

3p **12** De helm raakt de grond met een snelheid van 50 km/h.
→ Bereken van welke hoogte hij de helm heeft laten vallen.

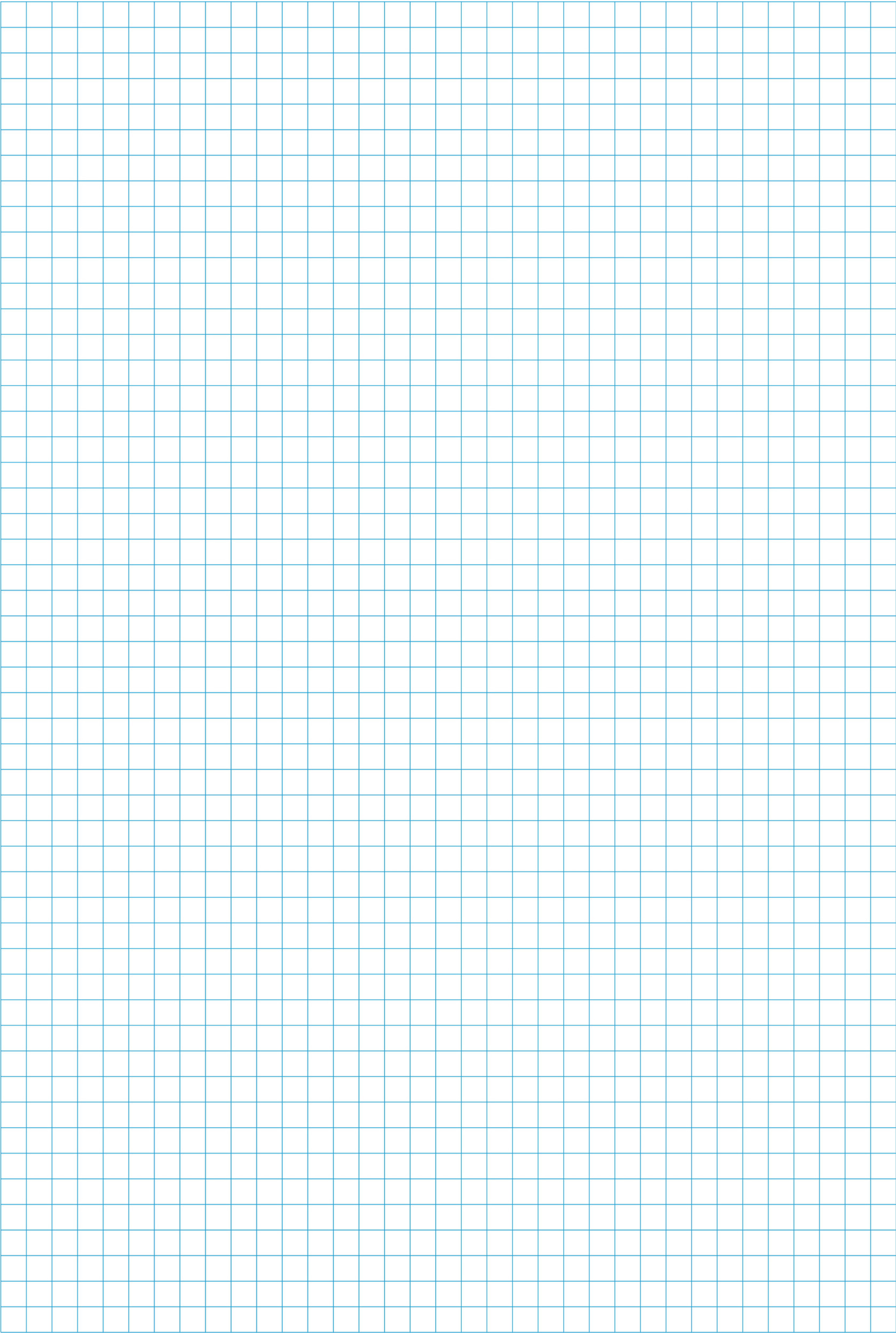
TIP: Lees opdracht 13. Gebruik het overzicht van formules en diagrammen in het leerstofoverzicht bij hoofdstuk 15 *Bewegingen.*

2p **13** Je ziet in de uitwerkbijlage vier grafieken. Over die grafieken staan twee zinnen.
→ Zet achter elke zin één kruisje in de kolom die hoort bij de beweging van de valhelm.



	1	2	3	4
Het *v*,*t*-diagram heeft de vorm van grafiek				
Het *s*,*t*-diagram heeft de vorm van grafiek				

2p **14** Na de val bekijkt Erik de helm (massa 1,3 kg). De helm is ingedeukt.
Uit deze indeuking berekent hij dat de helm bij het neerkomen een vertraging kreeg van $2{,}3 \cdot 10^3$ m/s^2.
→ Bereken de grootte van de kracht die tijdens het indeuken op de helm heeft gewerkt.



Vaardigheden

WERKEN MET GEGEVENS
Bij het vak natuur- en scheikunde gaat het niet alleen om kennis (wat je weet), maar ook om vaardigheden (wat je kunt). Belangrijke vaardigheden zijn proeven doen, metingen uitvoeren, berekeningen maken, grafieken tekenen en verbanden herkennen. In dit onderdeel van de methode leer je daar meer over.



1 Een onderzoek doen

Door een onderzoek te doen, kun je meer te weten komen over een verschijnsel uit de natuurkunde of scheikunde. Bij zo'n onderzoek ga je stap voor stap te werk.

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag.**
Soms staat de onderzoeksvraag al in de opdracht vermeld. Dan kun je die gewoon overnemen. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden. Kies een vraag waarbij je zelf al een idee hebt hoe je aan het antwoord kunt komen. Stel die vraag zó dat iedereen de vraag kan begrijpen.

VOORBEELD
Jermaine heeft als onderzoeksvraag gekozen:
Welk deel van de energie van een stuiterende bal gaat tijdens het stuiteren verloren?

Jermaine wil de zwaarte-energie van de bal berekenen, voor en na het stuiteren. Hij weet dat hij de beweging van de bal kan vastleggen met een videocamera.
Hij heeft bedacht dat hij een meetlat op de achtergrond mee kan filmen. Zo kan hij de beginhoogte en de terugstuithoogte nauwkeurig bepalen. Verder heeft hij ook de massa van de bal nodig. Die kan hij eenvoudig meten met een weegschaal of een balans.

Stap 2 **Maak een werkplan.**
In je werkplan (afbeelding 1) moet je de volgende vragen beantwoorden:
- Welke materialen en apparatuur heb je nodig?
- Welke opstelling ga je bouwen (maak een tekening)?
- Welke grootheden ga je meten?
- Hoe ga je je meetresultaten verwerken:
  - Welke formules heb je nodig?
  - Maak je een tabel?
  - Maak je ook een grafiek?

Stap 3 **Voer metingen uit.**
Je bouwt nu je opstelling en voert de metingen uit. Schrijf al je metingen geordend op, bijvoorbeeld in een tabel. Zie vaardigheid 7 *Werken met tabellen en grafieken*.

Stap 4 **Verwerk de gegevens.**
Gebruik nu de formule(s) die je nodig hebt en maak daarmee de berekeningen om je antwoord te vinden. Soms kun je je meetresultaten in een grafiek weergeven. Zie de vaardigheden 7 *Werken met tabellen en grafieken* en 8 *Verbanden meten*.

Stap 5 **Trek conclusies.**
Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Geef een antwoord op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af of er in je metingen onnauwkeurigheden kunnen zitten, waardoor je misschien een verkeerd antwoord op de onderzoeksvraag hebt gegeven. Zou je die onnauwkeurigheden kunnen verkleinen?

Stap 6 **Maak een onderzoeksverslag.**
Tot slot maak je van je onderzoek een onderzoeksverslag. Zie vaardigheid 10 *Een onderzoeksverslag maken*.

WERKPLAN **Jermaine Verrips**
Onderzoek: meten welk deel van de energie verloren gaat bij het stuiteren van een bal

Meten

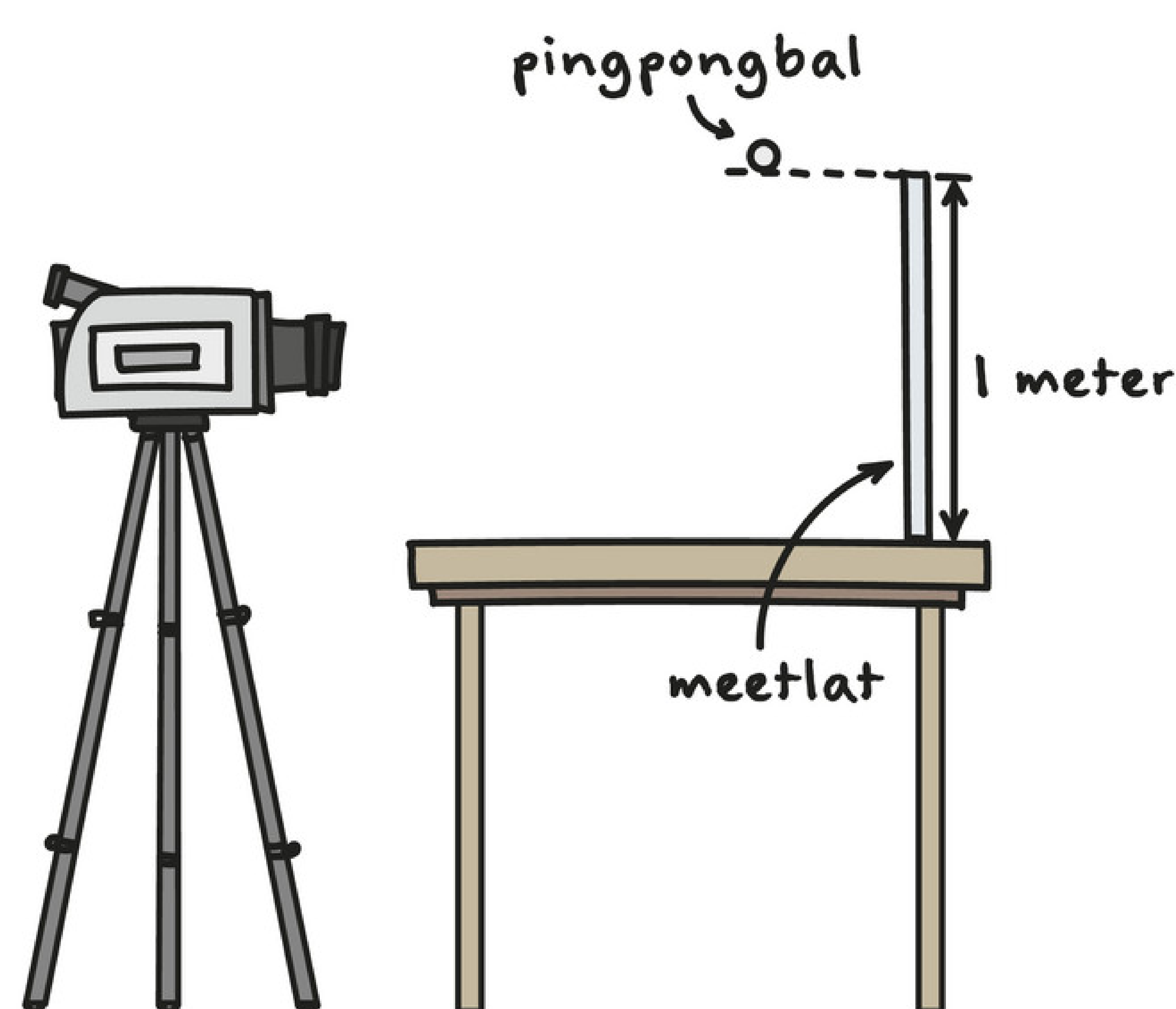
Ik wil de volgende grootheden meten:
- de hoogte *h* van de bal, voor en na het stuiteren;
- de massa *m* van de bal.

Materialen en apparatuur

Ik heb nodig:
- pingpongbal
- meetlat
- videocamera op driepoot
- computer
- weegschaal

Opstelling

Dit is de opstelling die ik ga maken:



Ik laat het balletje een paar keer stuiteren en maak ondertussen opnames met de videocamera. Ik bekijk daarna de video-opnames op de computer.

Ik bepaal de beginhoogte en de terugstuithoogte met behulp van de meetlat achter het balletje. Ik bepaal de massa van het balletje met de weegschaal.

Formules

Ik gebruik de formule $E_z = m \cdot g \cdot h$ om de zwaarte-energie te berekenen voor en na het stuiteren.

afbeelding 1 Jermaines werkplan.

2 Werken met formules (in één stap)

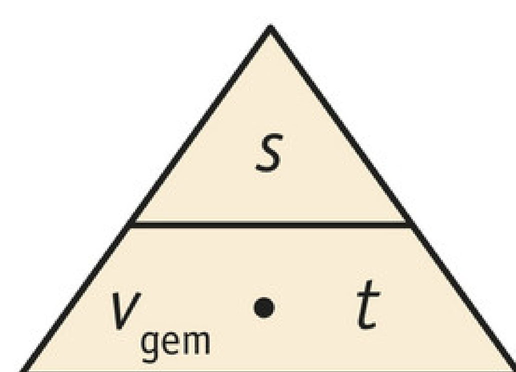
Bij het vak natuur- en scheikunde maak je af en toe berekeningen. Het volgende stappenplan is een goede aanpak:

Stap 1 **Lees de opdracht.**
Lees de opdracht en schat in welke buurt de uitkomst zal liggen. Stel dat je moet uitrekenen hoe groot de snelheid van een fietser is. Dan voel je wel aan dat de uitkomst ergens moet uitkomen tussen 10 en 30 km/h.

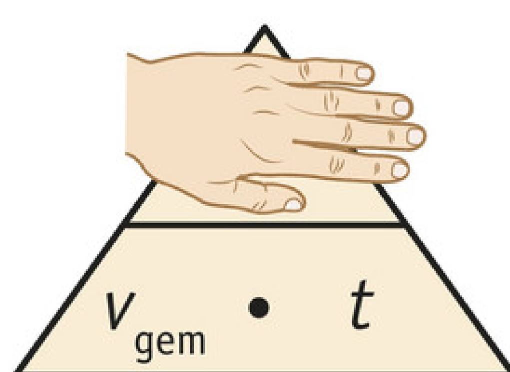
Stap 2 **Noteer de gegevens.**
Schrijf de grootheid op en schrijf de waarde erachter. Vergeet de eenheid niet. Soms is het handig een eenheid alvast om te rekenen, zoals in voorbeeldopdracht 1.

Stap 3 **Noteer wat wordt gevraagd.**
Schrijf de gevraagde grootheid op en schrijf er een vraagteken achter.

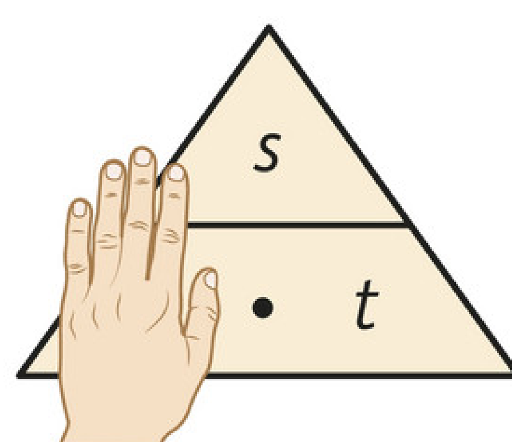
Stap 4 **Schrijf de formule op.**
Formules zoals $v_{gem} = \frac{s}{t}$ kun je op verschillende manieren opschrijven (afbeelding 2). Neem de vorm waarin de gevraagde grootheid voor het is-teken (=) staat.



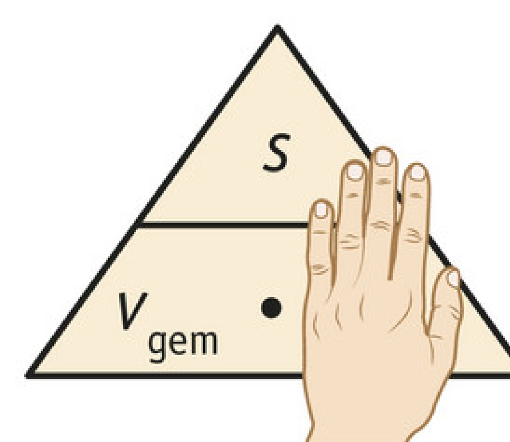
Zo vind je de drie vormen van deze formule.



De eerste vorm:
$s = v_{gem} \cdot t$



De tweede vorm:
$v_{gem} = \frac{s}{t}$



en de derde vorm:
$t = \frac{s}{v_{gem}}$

afbeelding 2 Een formule omwerken.

Stap 5 **Vul de gegevens in.**

Stap 6 **Werk de berekening uit.**

Stap 7 **Noteer de uitkomst.**
De uitkomst is een getal + een eenheid. Geef in je uitkomst ook aan welke grootheid je hebt uitgerekend.
Schrijf dus niet alleen maar: 80 m/s, maar: v = 80 m/s of: De snelheid = 80 m/s.

Stap 8 **Controleer de uitkomst.**
Vergelijk de uitkomst met de schatting die je in het begin maakte. Ga ook na of je geen reken- of overschrijffouten hebt gemaakt en of je de juiste eenheid achter het getal hebt gezet.

VOORBEELDOPDRACHT 1

Max fietst 2,5 minuten lang met een gemiddelde snelheid van 18 km/h.
Bereken de afstand die hij in die tijd aflegt in meters.

gegevens v_{gem} = 18 km/h = 5 m/s
t = 2,5 min = 150 s

gevraagd s = ? m

uitwerking $s = v_{gem} \cdot t = 5 \times 150 = 750$ m

Er zijn ook ingewikkelder formules, die je niet even snel kunt omwerken. In de twee voorbeeldopdrachten hierna zie je twee berekeningen waarin zo'n formule wordt gebruikt. Let vooral op de manier waarop de berekening wordt uitgewerkt.

VOORBEELDOPDRACHT 2

De nijptang in afbeelding 3 wordt bij A en B dichtgeknepen met een spierkracht van (tweemaal) 20 N.
Bereken de krachten op de spijker.

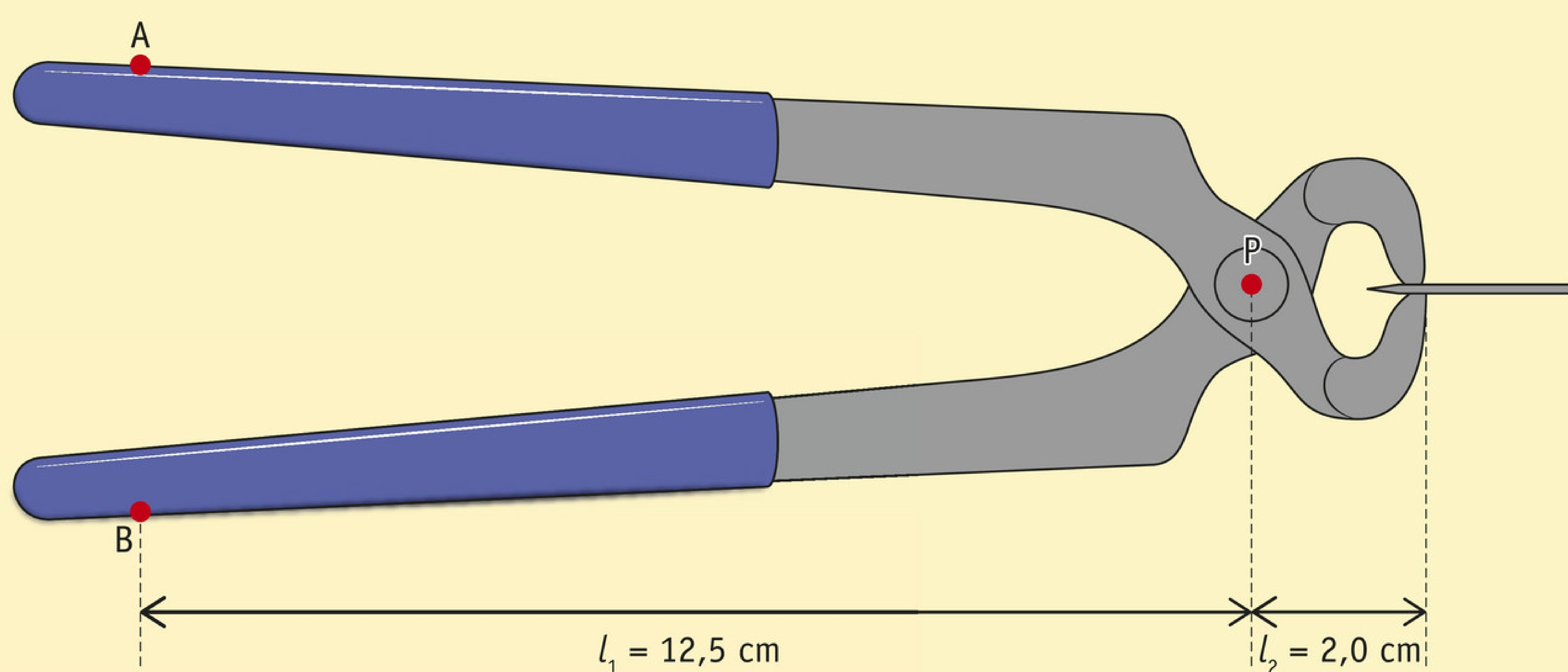
gegevens F_1 = 20 N F_2 = ? N
l_1 = 12,5 cm l_2 = 2,0 cm

gevraagd F_2 = ? N

uitwerking Ga uit van evenwicht. Dan geldt:

$$M_1 = M_2$$
$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$
$$20 \times 12{,}5 = F_2 \times 2{,}0$$
$$250 = F_2 \times 2{,}0$$
$$F_2 = \frac{250}{2{,}0} = 125 \text{ N}$$

Op de spijker werken dus twee krachten van 125 N.



afbeelding 3 Een nijptang is een dubbele hefboom.

VOORBEELDOPDRACHT 3

Een auto trekt in 5 seconden op van 0 km/h naar 54 km/h.
Bereken de gemiddelde versnelling.

gegevens
$v_b = 0$ km/h = 0 m/s
$v_e = 54$ km/h = 15 m/s
$t = 5$ s

gevraagd
$a = ?$ m/s²

uitwerking

manier 1

$v_e = v_b + a \cdot t$

$15 = 0 + a \cdot 5$

$a = \frac{15}{5} = 3$ m/s²

manier 2

$\Delta v = v_e - v_b$

$\Delta v = 15 - 0 = 15$ m/s

$a = \frac{\Delta v}{t} = \frac{15}{5} = 3$ m/s²

3 Werken met formules (in twee stappen)

Soms zijn er twee berekeningen nodig om een opdracht uit te werken. Het lijkt dan of er een gegeven in de opdracht ontbreekt. Maar dat is niet echt zo: je kunt het ontbrekende gegeven met een andere formule berekenen.

De uitwerking bestaat in zo'n geval uit twee stappen:
Stap 1 Het ontbrekende gegeven berekenen.
Stap 2 De gevraagde grootheid berekenen.

Hierna zie je een voorbeeld van zo'n opdracht:

VOORBEELDOPDRACHT 4
Een auto remt in 4,0 seconden af van 63 km/h naar 0 km/h (afbeelding 4).
Bereken de remweg. Ga ervan uit dat de beweging eenparig versneld is.



afbeelding 4 Een auto met toeristen op safari remt af voor een overstekend nijlpaard.

Om de remweg te berekenen met de formule $s = v_{gem} \cdot t$ heb je de gemiddelde snelheid en de tijd nodig. De tijd is gegeven, maar de gemiddelde snelheid niet. Die moet je bij deze opdracht zelf berekenen. Dat gaat als volgt.

Stap 1 Bereken de gemiddelde snelheid

gegevens v_b = 63 km/h = 17,5 m/s
v_e = 0 km/h = 0 m/s

gevraagd v_{gem} = ? m/s

uitwerking $v_{gem} = \frac{v_e + v_b}{2} = \frac{17,5 + 0}{2} = 8,75$ m/s

Nu je dit weet, kun je de gevraagde grootheid berekenen.

Stap 2 Bereken de remweg (afstand)

gegevens v_{gem} = 8,75 m/s
t = 4,0 s

gevraagd s = ? m

uitwerking $s = v_{gem} \cdot t = 8,75 \times 4 = 35$ m

De remweg is dus 35 m.

Ook in voorbeeldopdracht 5 lijkt op het eerste gezicht een gegeven te ontbreken.

VOORBEELDOPDRACHT 5
Een grote eettafel heeft een massa van 37 kg. De tafel heeft vier poten die elk een contactoppervlak van 22 cm^2 met de vloer hebben.
Bereken de druk die de tafel op de vloer uitoefent.

De gevraagde grootheid is de druk *p*. Om die te berekenen, heb je de kracht *F* en de oppervlakte *A* nodig. De oppervlakte staat in de opdracht, maar de kracht ontbreekt. Hoe kun je die berekenen?

Dit is de oplossing:

Stap 1 Bereken de (zwaarte)kracht

gegevens $m = 37$ kg
$g = 10$ N/kg

gevraagd $F_z = ?$ N

uitwerking $F_z = m \cdot g = 37 \times 10 = 370$ N

Stap 2 Bereken de druk op de vloer

gegevens $F_z = 370$ N
$A = 4 \times 22\ cm^2 = 88\ cm^2$

gevraagd $p = ?\ N/cm^2$

uitwerking $p = \frac{F}{A} = \frac{370}{88} = 4{,}2\ N/cm^2$

Zoals je ziet, vormt elke stap een aparte berekening, met gegevens, gevraagd en uitwerking. Gebruik daarbij de aanpak die je hebt geleerd in vaardigheid 2 *Werken met formules (in één stap).*

4 Werken met eenheden

Een grootheid is iets wat je kunt meten. Voorbeelden van grootheden zijn massa, kracht, afstand en tijd. Om een grootheid te kunnen meten, heb je een eenheid nodig. Je meet de massa in kilogram, de kracht in newton, de afstand in meter en de tijd in seconden. In Binas kun je verschillende grootheden en hun eenheden opzoeken. Zie *BINAS* tabel 6 *Enkele grootheden.*

Sommige grootheden worden in verschillende eenheden gemeten. Bijvoorbeeld:
- de tijd meet je in seconden (s) maar ook in minuten (min) en uren (h)
- de temperatuur meet je in kelvin (K) maar ook in graden Celsius (°C)
- de snelheid meet je in meter per seconde (m/s) maar ook in kilometer per uur (km/h)
- de hoeveelheid energie meet je in joule (J) maar ook in kilowattuur (kWh)
- de druk meet je in pascal (Pa) maar ook in bar of millibar (mbar)

In de wetenschap werk je met de eenheden in het linker rijtje. Dit zijn SI-eenheden (naar ‘Système International’, het internationale eenhedensysteem in de wetenschappen). In het dagelijks leven gebruiken mensen vaak de eenheden in het rechter rijtje. Dat vinden ze handiger, of ze zijn eraan gewend. Je kunt deze praktische eenheden ook op het examen tegenkomen. Vaak moet je ze dan omrekenen naar de bijbehorende SI-eenheid.

VOORBEELDOPDRACHT 6

In 2021 stond het wereldrecord op de 5000 m schaatsen (vrouwen) op 6 min 39,02 s. Hoeveel is dat in seconden?

Uitwerking

Je weet: 1 min = 60 s

6 min = 6 × 60 s = 360 s
6 min 39,02 s = 360 s + 39,02 s = 399,02 s

VOORBEELDOPDRACHT 7

Lood heeft een smeltpunt van 601 K.
Hoeveel is dat in °C?

Uitwerking

Je weet: om de temperatuur in °C te vinden, moet je 273 aftrekken van de temperatuur in K.

601 K komt dus overeen met 601 − 273 = 328 °C.

VOORBEELDOPDRACHT 8
Een auto rijdt 100 km/h.
Hoeveel is dat in m/s?

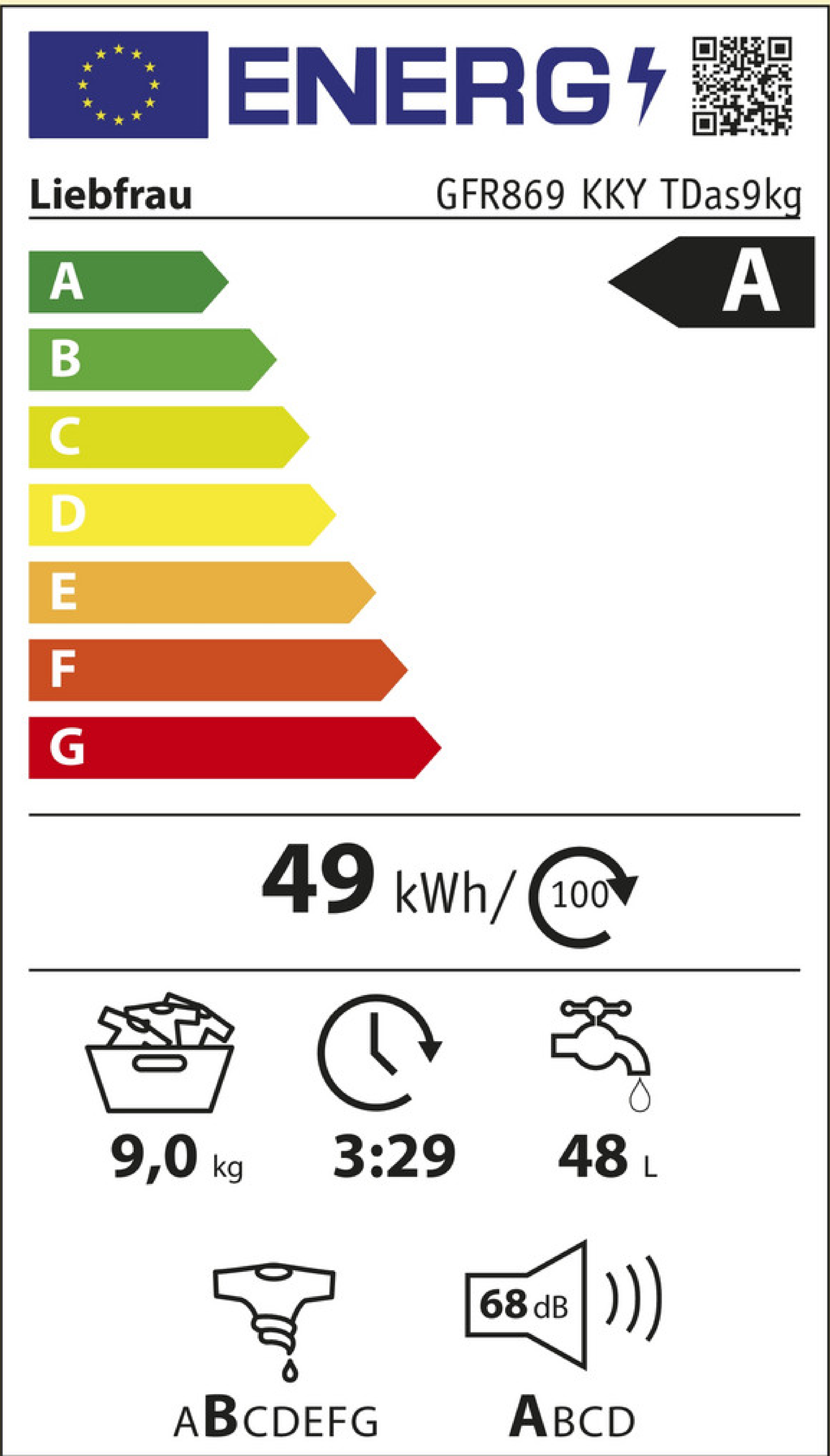
Uitwerking
Je weet: 1 h = 3600 s

$$\frac{100\text{ km}}{1\text{ h}} = \frac{100\,000\text{ m}}{3600\text{ s}} = 27{,}8\text{ m/s}$$

VOORBEELDOPDRACHT 9
Op het energielabel van een wasmachine staat dat de machine 49 kWh per jaar verbruikt (afbeelding 5).
Hoeveel is dat in J?

Uitwerking
Je weet: 1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J (zie *BINAS* tabel 2 *Omrekenregels*)

49 kWh = $49 \times 3{,}6 \cdot 10^6$ J = $1{,}76 \cdot 10^8$ J = 176 MJ



afbeelding 5 Het energielabel van een wasmachine.

VOORBEELDOPDRACHT 10
Marcus ziet op de barometer dat de luchtdruk 985 mbar is.
Hoeveel is dat in Pa?

Uitwerking
Je weet: 1 bar = $1{,}0 \cdot 10^5$ Pa (zie *BINAS* tabel 2 *Omrekenregels*)

$$1\text{ mbar} = \frac{1{,}0 \cdot 10^5}{1000}\text{ Pa} = 1{,}0 \cdot 10^2\text{ Pa}$$

985 mbar = $(985 \times 1{,}0 \cdot 10^2)$ Pa = $9{,}85 \cdot 10^4$ Pa

5 Werken met voorvoegsels

Vaak past de grootte van een eenheid niet goed bij de grootte van wat je wilt meten. In zo'n geval kun je een voorvoegsel voor de eenheid zetten. In plaats van "De trillingstijd is 0,0002 seconden" schrijf je: "De trillingstijd is 0,2 ms". De betekenis is hetzelfde, maar 0,2 ms is veel gemakkelijker te begrijpen dan 0,0002 s.

Soms moet je gegevens omrekenen om een voorvoegsel weer kwijt te raken. Als je de frequentie wilt berekenen, werk je met de trillingstijd in s en niet in ms. Als de trillingstijd in ms is gegeven, reken je die eerst om naar s. Anders gaat het fout als je de gegevens in de formule invult.

Je kunt een voorvoegsel altijd vervangen door een macht van 10. In plaats van "Bij de verbranding van 1 L benzine komt 33 MJ warmte vrij", schrijf je bijvoorbeeld: "Bij de verbranding van 1 L benzine komt $33 \cdot 10^6$ J warmte vrij" of "Bij de verbranding van 1 L benzine komt $3{,}3 \cdot 10^7$ J warmte vrij". Het voorvoegsel M (mega) betekent net als 10^6 één miljoen (zie *BINAS* tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren*).

VOORBEELDOPDRACHT 11
Een hijskraan hijst een betonnen bouwelement 75 m omhoog. De hijskracht is 54 kN.
Bereken de verrichte arbeid.

	manier 1	manier 2
gegevens	F = 54 kN = 54 000 N s = 75 m	F = 54 kN = $54 \cdot 10^3$ N s = 75 m
gevraagd	W = ? Nm	W = ? Nm
uitwerking	$W = F \cdot s$ = 54 000 × 75 W = 4 050 000 Nm	$W = F \cdot s = 54 \cdot 10^3 \times 75$ $W = 4{,}1 \cdot 10^6$ Nm

Voorvoegsels komen ook voor in samengestelde eenheden. Soms staan ze onder de breukstreep, zoals in g/cm^3 (voor dichtheid) en in N/cm^2 (voor druk). In dat geval is het omrekenen lastiger dan anders. Onthoud:

1,0 N/cm^2 = 100 N/dm^2 = $1{,}0 \cdot 10^4$ N/m^2

1,0 g/cm^3 = 1,0 kg/dm^3 = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m^3

VOORBEELDOPDRACHT 12
De druk in een gasfles is 80 N/cm^2.
Hoeveel is dat in N/m^2?

Uitwerking
Je weet: 1,0 N/cm^2 = $1{,}0 \cdot 10^4$ N/m^2

80 N/cm^2 = $(80 \times 1{,}0 \cdot 10^4)$ N/m^2 = $8{,}0 \cdot 10^5$ N/m^2

VOORBEELDOPDRACHT 13

De dichtheid van beton is 2,3 g/cm^3.
Hoeveel is dat in kg/m^3?

Uitwerking

Je weet: 1,0 g/cm^3 = $1{,}0 \cdot 10^3$ kg/m^3

2,3 g/cm^3 = $(2{,}3 \times 1{,}0 \cdot 10^3)$ kg/m^3 = $2{,}3 \cdot 10^3$ kg/m^3

6 Werken met machten van 10

Bij natuur- en scheikunde krijg je soms te maken met getallen die erg groot of juist erg klein zijn. Er is een handige manier bedacht om dat soort getallen op te schrijven. Voor grote getallen gebruik je positieve machten van 10. Voor kleine getallen gebruik je negatieve machten van 10.

positieve machten	negatieve machten
$10^1 = 10$	$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0{,}1$
$10^2 = 10 \times 10 = 100$	$10^{-2} = \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{100} = 0{,}01$
$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$	$10^{-3} = \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{1000} = 0{,}001$
enzovoort	enzovoort

Je kunt een voorvoegsel altijd vervangen door een macht van 10. Dat is vaak de handigste manier om het voorvoegsel kwijt te raken voordat je een berekening maakt. In plaats van “De trekkracht is 840 kN” schrijf je bijvoorbeeld: “De trekkracht is $840 \cdot 10^3$ N” of “De trekkracht is $8{,}4 \cdot 10^5$ N” (afbeelding 6). In *BINAS* tabel 3 *Vermenigvuldigingsfactoren* kun je opzoeken welke macht van 10 overeenkomt met welk voorvoegsel.



afbeelding 6 De maximale trekkracht van deze sleepboot is 840 kN = $8{,}4 \cdot 10^5$ N.

VOORBEELDOPDRACHT 14

Een verwarmingselement levert in 5,0 minuten 360 kJ warmte.
Bereken het vermogen van het verwarmingselement.

gegevens $E = 360$ kJ $= 3{,}6 \cdot 10^5$ J — ook goed is $360 \cdot 10^3$ J
$t = 5{,}0$ min $= 300$ s

gevraagd $P = ?$ W

uitwerking $P = \frac{E}{t} = \frac{3{,}6 \cdot 10^5}{300} = 1200$ W — ook goed is $1{,}2 \cdot 10^3$ W of 1,2 kW

VOORBEELDOPDRACHT 15

Een toon heeft een trillingstijd van 0,25 ms.
Bereken de frequentie van de toon.

gegevens $T = 0{,}25\ \text{ms} = 0{,}25 \cdot 10^{-3}\ \text{s}$ ook goed is $2{,}5 \cdot 10^{-4}\ \text{s}$

gevraagd $f = ?\ \text{Hz}$

uitwerking $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}5 \cdot 10^{-4}} = 4{,}0 \cdot 10^{3}\ \text{Hz}$ ook goed is 4,0 kHz

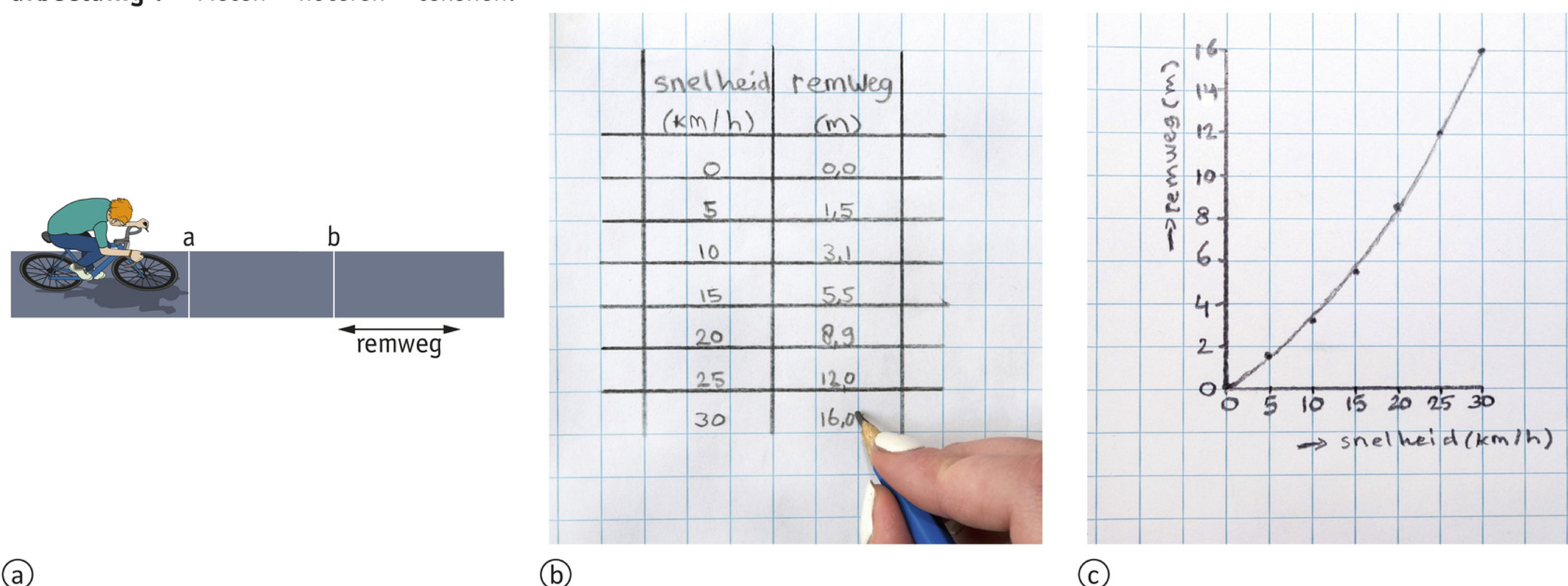
7 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Over de remweg kun je bijvoorbeeld vragen:
Hoe hangt de remweg van een fiets af van zijn snelheid?
Je wilt dus het verband meten tussen de remweg en de snelheid.

Om deze vraag te beantwoorden voer je een serie metingen uit. Je rust een fiets uit met een snelheidsmeter en met blokjes tussen het stuur en de remgrepen. Dit laatste zorgt voor een constante remkracht. Daarna laat je een medeleerling (fietser) met een snelheid van 5 km/h op een lijn a afrijden (afbeelding 7a). Bij lijn b knijpt de fietser in de remmen. Vervolgens meet je met een meetlint de remweg. Je herhaalt deze proef meerdere keren met steeds toenemende snelheid (10 km/h, 15 km/h, 20 km/h, enzovoort) en meet de remweg. In een tabel noteer je de meetresultaten: links de snelheid, rechts de remweg (afbeelding 7b).

Verbanden worden duidelijker als je ze weergeeft in een grafiek (afbeelding 7c). Zo’n grafiek teken je in potlood. Anders kun je later niets meer verbeteren.

afbeelding 7 Meten – noteren – tekenen.



Zo’n grafiek maak je als volgt:

- Teken een assenstelsel. In het boek is dat meestal al voor je gedaan.
- Zet bij elke as een grootheid, met de eenheid waarin je hebt gemeten. Bijvoorbeeld: → snelheid (km/h) en → remweg (m).
- Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling. Zorg ervoor dat al je metingen in de grafiek passen en dat je grafiek niet te klein wordt. Gebruik minstens twee derde deel van de beschikbare ruimte op de as.
- Teken de meetresultaten in als punten. Realiseer je daarbij dat er altijd kleine meetfouten in je meetresultaten zitten. Je mag er niet van uitgaan dat elk punt exact juist is.

- Trek een rechte lijn als de meetpunten zo ongeveer op een rechte lijn liggen. Laat die lijn zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Maar let op: je mag de punten niet één voor één met elkaar verbinden, zodat je een onregelmatig heen en weer gaande zigzaglijn krijgt.

- Teken een vloeiende kromme als de punten duidelijk niet op één lijn liggen. Laat de kromme zo goed mogelijk bij de punten aansluiten. Net als bij een rechte lijn mag je de punten niet één voor één met elkaar verbinden.

Het geeft dus niet dat een rechte lijn of een kromme niet precies door alle meetpunten loopt. Het is normaal dat meetpunten niet 100% nauwkeurig zijn. Daarom moet je bij het tekenen van de grafiek ook niet doen alsof.

8 Verbanden meten

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Wat gebeurt er met de remweg van een fiets als je zijn snelheid groter maakt?

Bij deze vraag gaat het om het verband tussen de remweg en de snelheid.
Hoe meet je nu zo'n verband?

- Maak eerst een tabel waarin je de meetresultaten kunt noteren: links de snelheid, rechts de remweg.

- Maak de snelheid stapsgewijs groter en meet de remweg die bij deze snelheid hoort. Noteer de meetwaarden in de tabel.

- Controleer alle metingen minstens één keer, om aflees- en opschrijffouten te kunnen verbeteren.

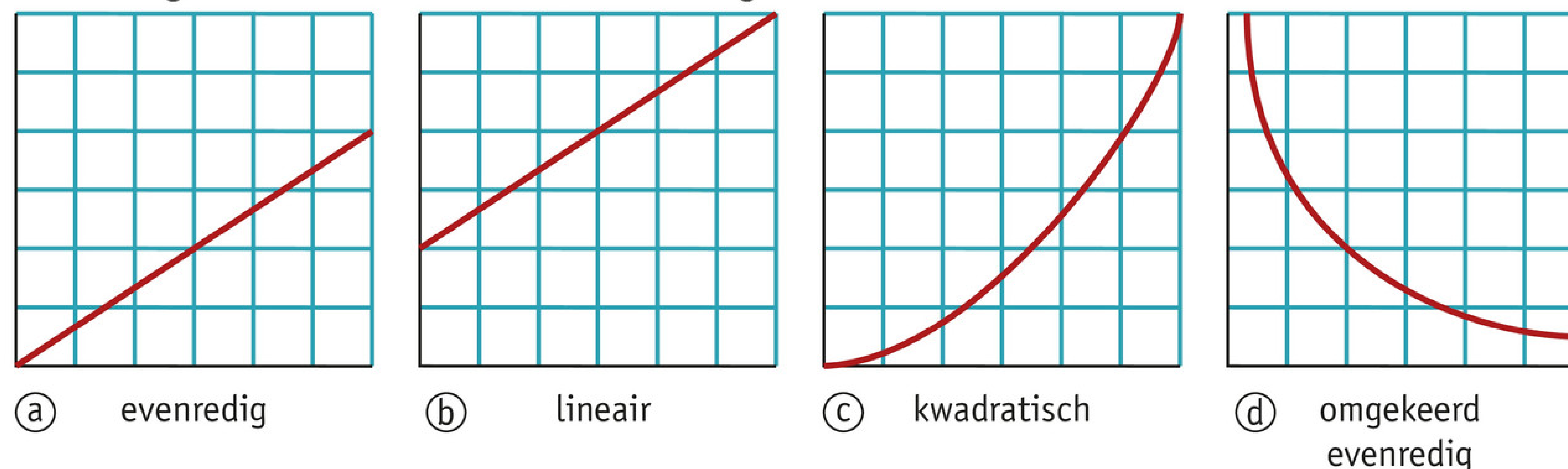
- Verwerk je metingen tot een grafiek. In vaardigheid 7 *Werken met tabellen en grafieken* kun je lezen hoe dat moet. Zet de snelheid langs de horizontale as en de remweg langs de verticale as.

- Vergelijk de grafiek die je hebt getekend met afbeelding 8. Daarin zie je hoe een grafiek eruitziet:
  a als het verband evenredig is;
  b als het verband lineair is;
  c als het verband kwadratisch is;
  d als het verband omgekeerd evenredig is.

Het verband dat je vindt tussen de remweg en de snelheid is een kwadratisch verband. De grafiek ziet er uit zoals afbeelding 8c. Als de grafiek een rechte lijn is, is het verband tussen de twee grootheden lineair. Gaat de grafiek ook door de oorsprong, dan is het verband evenredig.

Het meten van verbanden tussen andere grootheden kun je op dezelfde manier aanpakken.

afbeelding 8 Verschillende verbanden in een grafiek.



9 Werken met Binas

In Binas (voluit: *BINAS vmbo-kgt, 2e editie, Informatieboek voor Nask1 en Nask2*) kun je van alles opzoeken: grootheden, formules, schakelsymbolen, omrekenregels, gegevens van vaste stoffen en vloeistoffen en nog veel meer. Je kunt Binas gebruiken als bron van gegevens en als geheugensteun.

Binas als bron van gegevens
In Binas staan gegevens over allerlei natuurkundige (en scheikundige) onderwerpen. De gegevens zijn geordend in tabellen. De eerste 32 tabellen horen bij het vak Nask1. Ze staan op een pagina met een blauwe rand. Ook tabel 43 en 44 met de rode rand (Nask2) worden bij Nask1 gebruikt. Je kunt in Binas bijvoorbeeld vinden:

- hoe je met de kleurcode op een weerstand de weerstandswaarde kunt berekenen (tabel 13);
- hoe groot de dichtheid en het smeltpunt zijn van verschillende stoffen (tabel 15 tot en met 17);
- hoe snel het geluid zich voortplant in vaste stoffen, vloeistoffen en gassen (tabel 27);
- hoe de gevoeligheid van het gehoor afneemt als je ouder wordt (tabel 29);
- hoe afval wordt gescheiden en waar je afval inlevert (tabel 43);

en nog veel meer.

Op het examen heb je Binas regelmatig nodig. Soms staat dat bij een opdracht vermeld, met een verwijzing naar de juiste tabel. Maar er zijn ook opdrachten waar dat er niet bij staat. Dan moet je zelf bedenken dat je Binas nodig hebt. In afbeelding 9 zie je een voorbeeld.

Leg Press

Mitch traint zijn beenspieren met een apparaat.



Om zijn beenspieren te belasten, kan Mitch gewichten aan een halter van het apparaat bevestigen. Deze gewichten zijn schijven van metaal.

3p **14** De gewichten hebben samen een massa van 120 kg. Het totale volume van de gewichten is 15,3 dm^3.
→ Bereken de dichtheid en noteer van welk metaal de gewichten gemaakt kunnen zijn.

afbeelding 9 Een examenopdracht (examen 2017 tijdvak 2).

VOORBEELDOPDRACHT 16
Maak de examenopdracht van afbeelding 9.

gegevens m = 120 kg
V = 15,3 dm^3

gevraagd ρ = ? g/cm^3

uitwerking $\rho = \frac{m}{V} = \frac{120}{15,3}$ = 7,8 kg/dm^3 = 7,8 g/cm^3

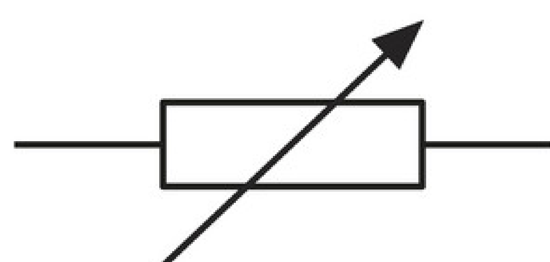
Volgens *BINAS* tabel 15 *Gegevens van enkele vaste stoffen* is de dichtheid van staal 7,80 g/cm^3 en van ijzer 7,87 g/cm^3.
De gewichten zouden dus van staal of van ijzer gemaakt kunnen zijn.

Binas als geheugensteun
In Binas staan behalve gegevens ook formules, grootheden, eenheden en symbolen. Heb je iets geleerd, maar weet je het niet goed meer? Pak dan Binas erbij. Daar vind je een antwoord op vragen als:

- Wat is het symbool voor de trillingstijd?
  Zie *BINAS* tabel 6 *Enkele grootheden.*
  Het symbool voor de grootheid trillingstijd is: T

- Met welke formule kun je de arbeid berekenen?
  Zie *BINAS* tabel 7 *Beweging en kracht*.
  De formule voor arbeid is: $W = F \cdot s$

- Hoe ziet het symbool van een variabele weerstand eruit?
  Zie *BINAS* tabel 14 *Elektrotechnische symbolen*.
  Het symbool van een variabele weerstand is:



- Wat betekent het pictogram in afbeelding 10?
  Zie *BINAS* tabel 31 *Veiligheidspictogrammen*.
  Het pictogram betekent: irriterend, schadelijk.



afbeelding 10
Een pictogram.

10 Een onderzoeksverslag maken

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een gewone practicumproef.

Deel je verslag als volgt in:

Titelpagina
Hierop vermeld je de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in je onderzoeksgroep, de naam van je leraar, de datum en het jaar.

§ 1 Onderzoeksvraag
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden en welk antwoord je van tevoren dacht te vinden.

§ 2 Werkplan
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan:
  – Welke grootheden heb je gemeten?
  – Welke meetinstrumenten heb je gebruikt?
  – Hoe heb je de meetresultaten verwerkt (tekenen / berekenen)?
  – Welke berekeningen heb je uitgevoerd (inclusief formules)?

§ 3 Onderzoeksresultaten
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van teksten, tabellen, foto's en dergelijke.

§ 4 Uitwerking
Hierin maak je grafieken van je meetwaarden en voer je berekeningen uit die je nodig hebt om je onderzoeksvraag te beantwoorden.

§ 5 Conclusies
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag. Ook schrijf je op wat er beter had gekund.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren. Een aantal aanwijzingen:
- Maak je verslag op de computer.
- Gebruik papier op A4-formaat.
- Zorg dat er ruime marges overblijven: onder en boven, links en rechts.
- Kies een goed leesbaar lettertype, met een goede lettergrootte.
- Zet een vet kopje boven elke paragraaf.
- Zorg voor nette tekeningen, tabellen en grafieken. Zet er een nummer bij, zodat je ernaar kunt verwijzen.

Er zijn ook andere manieren om een verslag te maken. Sommige proeven kun je bijvoorbeeld filmen. Let er wel op dat je alle paragrafen van het verslag aan bod laat komen. Een enkele keer kun je er misschien zelfs een rap van maken. En misschien zijn er nog andere vormen die jij leuk vindt. Overleg dat eerst altijd met je leraar.

Register

Colofon

ONTWERP BINNENWERK
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

ONTWERP OMSLAG
Studio Struis

UITVOERING BINNENWERK
Crius Group

AUTEUR
Rein Tromp, Recursief

EINDREDACTIE
Sander Michon, Michon Educatie

MET MEDEWERKING VAN
Frits Kappers
Karin van Nunen
Lineke Pijnappels
Lian Poelsma
Coert Schatorjé

TECHNISCH TEKENWERK
Eric Eshuis Infographics, Groningen
Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem

BEELDRESEARCH
B en U International Picture Service, Amsterdam

BEELDVERANTWOORDING
123RF/Andriy Popov: Pag. 71 (o.); 123RF/Martin Hatch: Pag. 132/133; 123RF/missisya: Pag. 48 (o.); 123RF/Nemanja Otic: Pag. 109; 123RF/noel baebler: Pag. 276; 123RF/pilens: Pag. 275; Aflo Co.,Ltd./Nippon News/David Folch : Pag. 288 (b.); Angel Photography Amsterdam: Pag. 149 (b.), 149 (m.), 149 (o.); ANP Foto/AFP/satellite image 2021 Maxar Technologies: Pag. 202; ANP Foto/AS Media: Pag. 221 (o.), 236; ANP Foto/Berlinda van Dam: Pag. 100; ANP Foto/Cor Salverius/Foto Dijkstra: Pag. 160 (b.); ANP Foto/EPA /Guillaume Horcajuelo: Pag. 174; ANP Foto/Frans Lemmens: Pag. 200/201; ANP Foto/Freek van den Bergh: Pag. 53 (r.b.); ANP Foto/Patricia Rehe : Pag. 278; ANP Foto/Science Photo Library: Pag. 292; ANP Foto/Science Photo Library/GustoImages: Pag. 136; ANP Foto/Tom van Limpt: Pag. 272; ANP Foto/Vincent Jannink: Pag. 223; Christien van den Akker, Amersfoort: Pag. 218; CMCO: Pag. 107; Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 9, 10, 11 (b.), 11 (o.), 12, 14, 17, 19, 21, 22 (r.), 23, 24 (r.), 29, 31 (l.b.), 31 (r.b.), 31 (o.), 33, 37, 38 (o.), 39, 40 (l.), 40 (m.), 40 (r.), 41 (l.b.), 41 (m.b.), 41 (r.b.), 41 (l.o.), 41 (m.o.), 41 (r.o.), 42 (l.), 42 (r.), 43, 46 (l.o.), 46 (r.o.), 44, 45, 56, 53 (o.), 55, 59, 135 (b.), 135 (m.), 135 (o.), 137, 139, 141, 142 (b.), 142 (o.), 148 (b.), 148 (l.o.), 148 (r.o.), 150 (l.), 150 (r.), 153 (l.), 153 (r.), 156 (o.), 157, 159, 160 (o.), 161, 167 (b.), 167 (l.o.), 167 (m.o.), 167 (r.o.), 169 (b.), 169 (l.o.), 169 (l.m.o.), 169 (r.m.o.), 169 (r.o.), 170, 173, 175, 177, 181 (o.), 183 (b.), 183 (o.), 185 (b.), 185 (m.), 185 (o.), 189 (l.b.), 189 (r.b.), 189 (l.o.), 191, 197 (b.), 197 (m.), 197 (o.), 251, 73 (b.), 73 (m.), 73 (o.), 74 (l.), 74 (r.), 75, 76, 77, 79 (l.), 79 (m.), 79 (r.), 80, 81, 85, 88, 89, 90 (l.b.), 90 (r.b.), 90 (l.m.), 90 (r.m.), 90 (o.), 92, 93, 94, 95, 97 (b.), 97 (l.o.), 97 (m.o.), 97 (r.o.), 99, 104 (b.), 104 (o.), 0, 266,

267 (l.o.), 267 (r.o.), 271, 277 (b.), 277 (m.), 277 (o.), 279, 283 (o.), 284, 287, 288 (o.), 290, 101, 102 (o.), 105 (l.), 105 (m.), 105 (r.), 108, 111 (b.), 119 (b.), 121, 125, 127, 282, 294; Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 71 (b.), 203, 204, 207 (o.), 208, 212, 213 (o.), 215, 227 (b.), 229 (r.), 234, 237 (o.), 239, 243 (b.), 243 (o.), 249 (b.), 249 (l.o.), 249 (m.o.), 249 (r.o.), 254, 255, 295, 296, 301, 306 (l.), 308, 310 (b.), 310 (o.); Gemma Stekelenburg/Gemm'art: Pag. 221 (b.); Imageselect/Alamy Stock Photo/AJBC_1: Pag. 273, 274 (b.), 274 (o.); Imageselect/Alamy Stock Photo/Edmund Sumner: Pag. 265; Imageselect/Alamy Stock Photo/Mauritius Images GmbH : Pag. 146; Imageselect/Alamy Stock Photo/Mikhail Reshetnikov: Pag. 237 (r.b.); Imageselect/Alamy Stock Photo/ Steve Parsons: Pag. 281; Imageselect/Science Source/ GIPhotoStock : Pag. 162; iStock/Flavio Vallenari: Pag. 87 (b.); iStockphoto/RobertCrum: Pag. 219; iStockphoto/Stefano_ Carnevali: Pag. 102 (b.); iStockphoto/tonlammerts: Pag. 117; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 57, 70 (o.), 119 (l.o.), 119 (r.o.), 120, 140, 143 (b.), 143 (o.), 248 (l.), 248 (m.), 248 (r.), 267 (b.), 285, 306 (m.), 306 (r.); Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam (m.m.v. Eurofysica, Den Bosch): Pag. 24 (l.), 36 (l.o.), 36 (r.o.); Motea: Pag. 83; Nationale Beeldbank/Theo van Vliet: Pag. 115; Proseq SA/Proseq SA: Pag. 22 (l.); Rhine Consulting Group BV/Rhine Consulting Group BV: Pag. 53 (l.b.); Shutterstock/1: Igor Kovalchuk/2: Eric Isselee: Pag. 26; Shutterstock/1000 Words: Pag. 269; Shutterstock/Africa Studio: Pag. 229 (l.); Shutterstock/ AimPix: Pag. 264; Shutterstock/Andy J Billington: Pag. 87 (o.); Shutterstock/Anton Starikov: Pag. 70 (b.); Shutterstock/ astudio: Pag. 6/7; Shutterstock/BlueOrange Studio: Pag. 298; Shutterstock/Dudarev Mikhail: Pag. 147 (b.), 283 (b.); Shutterstock/H_Ko: Pag. 111 (o.); Shutterstock/J Butcher: Pag. 68/69; Shutterstock/Jacob Lund: Pag. 241; Shutterstock/ Johnnie Rik: Pag. 156 (b.); Shutterstock/ldutko: Pag. 35; Shutterstock/Logtnest: Pag. 240; Shutterstock/LTim: Pag. 213 (b.); Shutterstock/MakDill: Pag. 48 (b.); Shutterstock/ MartinLueke: Pag. 304; Shutterstock/Milaspage: Pag. 237 (l.b.); Shutterstock/Milosz Maslanka: Pag. 86; Shutterstock/ Minerva Studio: Pag. 49 (b.); Shutterstock/New Africa: Pag. 32, 46 (b.); Shutterstock/Ortodox: Pag. 207 (b.); Shutterstock/Petr Malyshev: Pag. 51; Shutterstock/Photos BrianScantlebury: Pag. 180; Shutterstock/Phyllis Peterson: Pag. 246; Shutterstock/Picsfive: Pag. 270 (l.), 270 (r.); Shutterstock/Red_Shadow: Pag. 38 (b.), 106; Shutterstock/ Robert Kneschke: Pag. 49 (o.); Shutterstock/Rudmer Zwerver: Pag. 151; Shutterstock/rukawajung: Pag. 27; Shutterstock/Sergey Watgers: Pag. 233; Shutterstock/Steve Photography: Pag. 226; Shutterstock/Stocksnapper: Pag. 227 (o.); Shutterstock/Sven Hansche: Pag. 216; Shutterstock/ Thiti2129: Pag. 289; Shutterstock/wavebreakmedia (opmaak Erik Eshuis Infographics, Groningen): Pag. 309; Shutterstock/ Wut_Moppie: Pag. 262/263; Shutterstock/Yarchyk: Pag. 28; Shutterstock/YES Market Media: Pag. 168; Shutterstock/ Zahnoi Alex: Pag. 238; Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam: Pag. 147 (o.), 176, 181 (b.), 209 (l.), 209 (m.), 209 (r.), 228

OMSLAG

Shutterstock/Jason Wolcott Photography

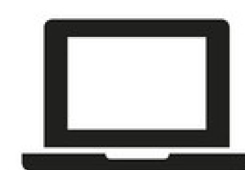
ISBN 978 94 020 7329 4

Release 5.0, eerste oplage

MALMBERG


Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.


Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.


Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEUR
Rein Tromp

EINDREDACTIE
Sander Michon

MET MEDEWERKING VAN
Frits Kappers
Karin van Nunen
Lineke Pijnappels
Lian Poelsma
Coert Schatorjé

Release 5.0

ISBN 978 94 020 7329 4



598806-1

MALMBERG